

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

INSTITUTO DE FÍSICA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA

**ESTUDO DE CASO ETNOGRÁFICO SOBRE A CONTRIBUIÇÃO DE DIFERENTES
VISÕES EPISTEMOLÓGICAS CONTEMPORÂNEAS NA FORMAÇÃO DE
PROFESSORES DE FÍSICA**

Dissertação de mestrado em Física de Neusa Teresinha Massoni apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Física do Instituto de Física da UFRGS como requisito parcial para obtenção de título de mestre em Física.

Orientador: Dr. Marco Antonio Moreira

Co-orientadora: Dra. Fernanda Ostermann

PORTO ALEGRE

2005

SUMÁRIO

RESUMO	IV
ABSTRACT	V
Capítulo 1: INTRODUÇÃO.....	6
1.1 <i>Uma Reflexão Pessoal.....</i>	6
1.2 <i>O estudo.....</i>	8
1.3 <i>Objetivo.....</i>	10
Capítulo 2: REVISÃO DA LITERATURA.....	14
2.1 <i>Pesquisa relacionada à adoção, na educação científica, de visões histórica e epistemologicamente contextualizadas.....</i>	15
2.2 <i>Pesquisa relativa às concepções da natureza da ciência e à adoção, na formação de professores, de visões epistemológicas contemporâneas.....</i>	18
2.3 <i>Pesquisa relativa à importância e às contribuições da História da Física (e das Ciências) no ensino.....</i>	25
Capítulo 3: REFERENCIAIS EPISTEMOLÓGICO E METODOLÓGICO.....	29
3.1 <i>Referencial Epistemológico.....</i>	29
3.2 <i>Referencial Metodológico.....</i>	34
3.2.1 <i>Dos Procedimentos.....</i>	44
Capítulo 4: HISTÓRIA E EPISTEMOLOGIA DA FÍSICA NA LICENCIATURA EM FÍSICA: UMA DISCIPLINA QUE BUSCA MUDAR CONCEPÇÕES DOS ALUNOS SOBRE A NATUREZA DA CIÊNCIA.....	48
4.1 <i>Introdução.....</i>	48
4.2 <i>Estratégias de Ensino.....</i>	49
4.3 <i>Estudos Relacionados.....</i>	51
4.4 <i>O Questionário.....</i>	52
4.5 <i>Análise de Fidedignidade do Questionário.....</i>	54
4.6 <i>Discussão dos Resultados.....</i>	56
4.7 <i>Comentário Final.....</i>	61
Capítulo 5: O COTIDIANO DA SALA DE AULA DE UMA DISCIPLINA DE HISTÓRIA E EPISTEMOLOGIA DA FÍSICA PARA FUTUROS PROFESSORES DE FÍSICA.....	62
5.1 <i>Introdução.....</i>	62
5.2 <i>Narrativa</i>	62
5.3 <i>Alguns Achados.....</i>	143
Capítulo 6: ENTENDIMENTO DA EVOLUÇÃO DAS CONCEPÇÕES DA NATUREZA DA CIÊNCIA DE ESTUDANTES DE LICENCIATURA EM FÍSICA ATRAVÉS DE UMA DISCIPLINA DE HISTÓRIA E EPISTEMOLOGIA DA FÍSICA.....	146
6.1 <i>Introdução.....</i>	146
6.2 <i>Análise e Resultados</i>	149
6.3 <i>Alguns Achados.....</i>	207
6.4 <i>Observação na disciplina de Pesquisa em Ensino de Física.....</i>	214
Capítulo 7: EVOLUÇÃO DAS VISÕES E CRENÇAS DE FUTUROS PROFESSORES DE FÍSICA SOBRE A NATUREZA DA CIÊNCIA: INFLUÊNCIA DE UMA DISCIPLINA DE HISTÓRIA E EPISTEMOLOGIA DA FÍSICA.....	216

7.1 <i>Introdução</i>	216
7.2 <i>Análise e Resultados</i>	218
Capítulo 8: COMENTÁRIOS FINAIS	264
REFERÊNCIAS	269

RESUMO

O objetivo desta pesquisa foi investigar as concepções dos futuros professores de Física sobre a natureza da ciência e sua evolução através de uma disciplina de História e Epistemologia da Física. A disciplina apresentou de forma explícita e em um ambiente de atividade colaborativa presencial e participativa as visões epistemológicas de alguns dos principais filósofos da ciência do século XX. O estudo compõe-se de quatro etapas distintas de análise, cada uma delas com identidade própria, uma vez que deram origem a quatro artigos independentes. A primeira etapa de análise descreve a forma de implementação e as estratégias de ensino utilizadas na disciplina e apresenta uma análise quantitativa complementar da evolução das concepções dos futuros professores de Física. A segunda etapa apresenta uma narrativa do cotidiano de sala de aula através de um estudo de caso tipo etnográfico que visou analisar as ações, falas, atividades, produções, opiniões, críticas e sugestões da perspectiva dos atores envolvidos. A terceira faz uma análise interpretativa das monografias produzidas pelos estudantes sobre as idéias epistemológicas estudadas ao longo da disciplina. A quarta etapa analisa as entrevistas realizadas com os estudantes alguns meses após o término da disciplina. Os resultados sugerem que houve uma evolução significativa das visões dos estudantes sobre a natureza da ciência e indicam a importância de algumas mudanças nas visões, no enfoque e na profundidade das discussões. Também sugere que o método colaborativo presencial e participativo contribuiu positivamente para tornar os futuros professores de Física mais reflexivos e críticos.

ABSTRACT

The purpose of this research was to investigate conceptions of college students majoring in physics teaching on the nature of science and the influence of a course on the history and epistemology of physics on these conceptions. The main epistemological views of some of the major philosophers of science of the XX century were explicitly presented and discussed in the classroom in a collaborative and participant approach. The study is composed by four different analyses each one with its own identity, generating four independent papers. The first one describes how the didactical strategies were implemented in the course and shows the results of a complementary quantitative analysis of some changes in student's conceptions. The second one presents the narrative of a classroom ethnography analyzing actions, conversations, opinions, criticisms, suggestions, productions, from the actors' perspective. The third presents a qualitative analysis of students' term papers on the epistemological views studied during course. The fourth and last one presents the analysis of interviews carried out with the students a few months after the end of the course. Research findings suggest that some changes occurred in students' views on the nature of science and show how these changes affected their positions and deepness in classroom discussions. They also suggest that the collaborative and participant approach contributed positively to form more critic and reflexive physics teachers.

Capítulo 1

INTRODUÇÃO

1.1 Uma Reflexão Pessoal

Este estudo é, em grande parte, o resultado de múltiplas reflexões ao longo de vários anos e de algumas convicções pessoais bastante profundas.

A mais importante delas, e fonte de motivação para este empreendimento, foi a paixão pela Física. Ela chegou lenta, acalentando o sonho de que estudar Física seria um caminho fascinante para conhecer e desvendar os mistérios do universo. Havia nele a crença ingênua na descoberta da verdade última sobre os fenômenos naturais.

A beleza e a perfeição da natureza foi e continua sendo inspiração e motivação para a busca do conhecimento e tem movido a humanidade ao longo da história da ciência.

Com o passar dos anos e com o nosso amadurecimento teórico é possível dizer que, hoje, acreditamos na Física porque entendemos o seu corpo conceitual como o melhor e mais consistente exemplo de construção intelectual que o homem já alcançou. Os resultados tecnológicos dessa fantástica construção permitiram o uso dos recursos da natureza para a melhoria das condições de vida, de infra-estrutura, dos meios de comunicação e de locomoção, etc. São realidades dos nossos tempos que estão aí a nos mostrar a espetacular capacidade explicativa e a exuberante aplicabilidade da Física, e da ciência.

Como costumamos dizer aos nossos alunos das aulas de reforço no Colégio Júlio de Castilhos (o Julinho), em Porto Alegre, não é possível sair de casa sem que pelo menos um princípio físico esteja envolvido direta ou indiretamente nessa ação. Do atrito que nos permite caminhar às explicações cosmológicas sobre a origem do universo, do chuveiro que nos aquece ao banho aos vãos orbitais, todas e cada uma das atividades humanas estão associadas a algum princípio físico. Nós vivemos a Física todos os dias da nossa vida.

Fazendo nossas as palavras do amigo e colega Ricardo Rangel, não sabemos se ser Físico foi uma opção pelo melhor caminho, mas temos a certeza de que foi uma escolha feita com o coração. Humberto Maturana (2001) coloca a emoção no domínio de ação de cada pessoa como foco a partir do qual a ciência se faz no prazer de explicar as coisas.

Esta é, seguramente, a razão porque acreditamos na Física e entendemos que estudá-la é importante, não apenas para físicos, mas para todo o cidadão como meio de exercitar sua capacidade crítica.

Nesse espírito, ganha importância a preocupação com a catastrófica situação do ensino de Física atualmente e, conseqüentemente, a formação dos professores de Física a fim de que possam ensiná-la de uma forma mais reflexiva e crítica, razão pela qual se justifica todo esforço de pesquisa na produção de conhecimento nesse campo do saber.

Assim, terminada a graduação em Licenciatura, e após alguns semestres de nivelamento com relação ao Bacharelado em Física, quando do momento da escolha do assunto de pesquisa para a dissertação de mestrado, e também por sugestão de nosso orientador, optamos pela pesquisa no ensino de Física, especificamente na formação de professores de Física.

Uma vez escolhido o assunto de pesquisa, entrou em cena a nossa segunda importante convicção. A crença de que é pela educação que se pode alcançar uma sociedade mais igualitária. O lema, bastante conhecido, *“é pela qualidade dos seus recursos humanos que se mede a riqueza de um país”* expressa bem a importância que a educação de qualidade assume.

Nesse sentido, compartilhamos com as idéias de Pedro Demo (1984) quando ele questiona: *“Qual é a função precípua da educação: inserir no mercado de trabalho ou formar o cidadão? Sem desmerecer a função de instrumentalizar a inserção no mercado de trabalho, a função de formação da cidadania é mais importante”* (grifo nosso).

Acreditamos que é responsabilidade de todos nós, e não apenas do Estado, mediar o conhecimento de forma equilibrada e reflexiva. Estamos convencidos de que diminuindo o analfabetismo científico através do ensino de Física de forma contextualizada, com uma visão epistemológica adequada e procurando resgatar a relação entre modelos, leis e teorias e a realidade, podemos contribuir enormemente na busca desse sonho igualitário.

Se o espaço da mudança estrutural parece difícil, então a competência, o comprometimento e a crença no trabalho consciente podem representar reais esperanças porque, de fato, pequenas ações “... *não sacodem o mundo, mas carregam em si a potencialidade das alternativas*”. (op. cit., p. 111).

É nesse contexto que, a nosso ver, vale a pena investir todos os esforços na formação de professores Física, e de ciências em geral, de maneira que tenham subsídios para assumir suas responsabilidades docentes como profissionais conscientes e reflexivos.

1.2 O Estudo

O foco desta pesquisa, portanto, é a formação de professores de Física.

Algumas teorias de aprendizagem contemporâneas, e.g. Kelly (1963), Ausubel (1978), Novak (1981), têm mostrado, e a pesquisa em ensino tem ratificado, que não apenas os alunos chegam à escola trazendo concepções alternativas (construtos pessoais) para explicar o mundo físico, mas que também estudantes de nível superior chegam à universidade trazendo concepções inadequadas sobre a natureza da ciência e de seu processo de evolução, e muitas vezes saem da universidade em iguais condições.

A importância dos modelos é bem aceita e documentada mesmo para os cientistas mais tradicionais, então o entendimento da natureza dos modelos e do processo de construção dos modelos, das leis e teorias é um componente fundamental para a alfabetização científica. Auxilia na superação de dificuldades

apresentadas pelos estudantes na aprendizagem da Física, tanto na universidade quanto no ensino fundamental e médio.

Além disso, apresentar a ciência como “um *processo de construção de modelos conceituais e preditivos*” (Gilbert, 1991) está de acordo com a psicologia construtivista, de que o conhecimento é algo que pode ser construído na mente do indivíduo, e por extensão, nas interações coletivas da ciência e da sociedade.

A pesquisa das últimas décadas no ensino de ciências tem se preocupado em identificar as concepções de estudantes e professores sobre a natureza da ciência, em dimensionar seus reflexos no ensino e aprendizagem e apresentar estratégias visando transformá-las. Mas é necessário que se apresentem estratégias e também se avaliem os resultados e influências destas estratégias visando alinhar as concepções dos estudantes e professores às visões epistemológicas contemporâneas.

O curso de Física e também os livros didáticos privilegiam, tradicionalmente, uma formação acadêmica com enfoque altamente empirista-indutivista, como veremos ao longo deste trabalho.

Nosso pressuposto básico, e amplamente defendido na literatura, é que visões superadas (empiristas-indutivistas) da natureza da ciência sustentadas por futuros professores de Física acabam resultando em práticas docentes inadequadas e, também, que atividades e estratégias que visam passar aos futuros professores visões epistemológicas adequadas de forma implícita são ineficazes.

Nesse sentido, é importante a apresentação explícita aos futuros professores de Física das novas visões da natureza da ciência (as epistemologias do século XX) para que eles possam identificar as suas matrizes epistemológicas (e pedagógicas) e analisar o grau de consciência das mesmas, ajudando-os a tornarem-se profissionais mais reflexivos.

Escritos recentes, como Fazenda (2001), referem que os projetos de formação de professores no país “(...) *têm se constituído apenas a partir de paradigmas formais*

e externos ao professor, onde o **dever ser** soma-se ao **como fazer**. Pouquíssimas vezes (...) preocupam-se com o lugar onde os sujeitos encontram-se situados. Suas dificuldades na busca do significado interior de suas aprendizagens ou o que aprendem com seus erros”.

Assim, a abordagem utilizada em nossa pesquisa é eminentemente interpretativa. A coleta de dados foi realizada através da observação participativa-etnográfica em uma disciplina de História e Epistemologia da Física, aonde buscamos descrever a realidade no contexto do professor em formação e procuramos entendê-la, bem como os trabalhos por eles produzidos ao longo da disciplina, da perspectiva dos atores envolvidos.

Como já referido, nossa idéia inicial esteve baseada no princípio de que alguma compreensão da História e Epistemologia da Física é importante tanto para a formação de professores quanto de pesquisadores em Física.

Porém, a própria metodologia de pesquisa interpretativa/qualitativa é flexível quanto à construção de novas hipóteses ou à modificação de hipóteses iniciais. O pesquisador nesse enfoque *“não procura dados ou evidências para comprovar hipóteses previamente formuladas, ao contrário, as hipóteses vão sendo construídas ao longo da pesquisa”* (Bogdan and Biklen, 1982).

1.3 Objetivo

Nosso objetivo foi conhecer e identificar as concepções epistemológicas de estudantes de Licenciatura em Física, futuros professores de Física, e avaliar seu processo de transformação através de uma disciplina de História e Epistemologia da Física, cuja abordagem de ensino adotou a apresentação e a discussão das principais visões epistemológicas contemporâneas de forma direta.

A importância desta pesquisa situa-se na busca e avaliação de estratégias que possibilitem transformar essas concepções de forma a contribuir para a melhoria das práticas educativas dos futuros professores de Física.

O problema de pesquisa do nosso estudo pode ser formulado através das seguintes questões-foco:

- *Qual a importância e contribuição de uma disciplina de “História e Epistemologia da Física” na formação de Professores de Física?*
- *A apresentação e a discussão explícita das principais teorias epistemológicas contemporâneas promove mudanças nas concepções epistemológicas e contribui para a formação de professores mais reflexivos?*

A coleta e a organização de dados constou de três fases distintas. Na fase 1 realizamos observação participante, descrição, coleta e documentação dos dados em uma disciplina de História e Epistemologia da Física. A fase 2 compreendeu observação participante em uma disciplina de Pesquisa em Ensino de Física acompanhada de entrevistas semi-estruturadas com os estudantes. Na fase 3 realizamos a interpretação e análise dos dados.

A análise e a interpretação dos dados constou de quatro (4) etapas distintas. Cada etapa ganhou identidade própria, pois serviu de base para a construção de quatro artigos independentes (atualmente submetidos à publicação).

Na seqüência, com o objetivo de apresentar um panorama da pesquisa realizada nesta área nas últimas décadas, apresentamos, no capítulo 2, a revisão da literatura.

O capítulo 3 apresenta os referenciais epistemológico e metodológico utilizados na nossa pesquisa.

No capítulo 4, embora o tratamento desta pesquisa tenha sido eminentemente qualitativo, procedemos à apresentação detalhada da forma como foi implementada a disciplina de História e Epistemologia da Física e realizamos uma análise quantitativa das mudanças ocorridas nas concepções dos estudantes sobre a natureza da

ciência. Esta análise teve caráter complementar e resultou no artigo 1 (*História e Epistemologia da Física na Licenciatura em Física: uma disciplina que visa transformar as concepções da natureza da ciência*, Moreira, Massoni e Ostermann, 2005, submetido à publicação).

No capítulo 5 procuramos descrever o processo de construção de uma compreensão descritiva contextualizada da cultura de sala de aula a partir da observação participativa do cotidiano de uma disciplina de História e Epistemologia da Física, que se estendeu pelo período de um semestre letivo. A narrativa desse processo, que deu origem ao artigo 2 (*O cotidiano da sala de aula de uma disciplina de História e Epistemologia da Física para futuros professores de Física*, Massoni e Moreira, 2005, submetido à publicação) é extensa, cheia de detalhes que sugerem certas mudanças em certas concepções de ciência dos alunos e, ao mesmo tempo, o enraizamento de outras.

O capítulo 6 relata o resultado da análise das monografias produzidas pelos estudantes sobre as visões epistemológicas contemporâneas apresentadas e discutidas na disciplina de História e Epistemologia da Física. Esta análise deu origem ao artigo 3 (*Entendimento e evolução das concepções da natureza da ciência de estudantes de Licenciatura em Física através da análise de trabalhos produzidos em uma disciplina de História e Epistemologia da Física*, Massoni e Moreira, 2005, submetido à publicação) e procura identificar as concepções e os efeitos da disciplina nas visões dos futuros professores de Física sobre a natureza da ciência.

No capítulo 7 são apresentados e avaliados os resultados das entrevistas realizadas com os estudantes alguns meses após terem cursado a disciplina de História e Epistemologia da Física. Esta análise deu origem ao artigo 4 (*Evolução das visões e crenças de futuros professores de Física sobre a natureza da ciência: influência de uma disciplina de História e Epistemologia da Física*, Moreira e Massoni, 2005, submetido à publicação)

O capítulo 8 consta de considerações finais.

Como os capítulos 4, 5, 6 e 7 são, essencialmente, artigos gerados no estudo feito, é possível que contenham algumas superposições, pois cada um deles tem sua própria identidade. É possível também que alguns aspectos dos referenciais epistemológico e metodológico estejam permeando estes quatro capítulos, correspondentes aos quatro artigos, ao invés de estarem no capítulo 3 cujo objeto é o referencial epistemológico e metodológico.

É esta a estrutura da dissertação. Passamos agora a apresentá-la.

Capítulo 2

REVISÃO DA LITERATURA

Nosso objetivo neste capítulo é discutir os principais aspectos, vantagens e contribuições do estudo da História e Epistemologia da Física na formação de professores de Física.

O foco desta pesquisa é a formação de professores. Nosso pressuposto básico, como já referido, é que futuros professores de Física que sustentam visões superadas (empiristas-indutivistas) da natureza da ciência adotam, em consequência, práticas docentes inadequadas.

O conhecimento dessas concepções, a busca de estratégias que possibilitem sua transformação e o entendimento da contribuição das novas visões epistemológicas com vistas a tornar os futuros professores mais reflexivos e críticos constitui o cerne do nosso trabalho.

A revisão bibliográfica mostra que existe uma vasta literatura relacionada às implicações da História e Epistemologia da Física na formação de professores, à imagem da ciência, dos cientistas e do trabalho científico que os estudantes universitários, nas diversas áreas da ciência, possuem e acabam transmitindo a seus alunos.

Realizamos revisão da literatura nos seguintes periódicos: *Revista Brasileira de Ensino de Física* (de 1990-2004), *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, novo nome do *Caderno Catarinense de Ensino de Física* (de 1984-2005), *Physics Education* (de 1980-2004), *Journal of Research in Science Teaching* (de 1980-2004), *Science & Education* (de 1995-2004), *Investigações em Ensino de Ciências (IENCI)-Revista Eletrônica IF/UFRGS* (de 1996-2005), *Revista da ABRAPEC* (de 2001-2004).

Passamos, a seguir, a classificar os artigos de acordo com algumas categorias que procuram levar em conta especificidades das diferentes linhas de pesquisa e também das descobertas da nossa revisão bibliográfica.

2.1 Pesquisa relacionada à adoção, na educação científica, de visões histórica e epistemologicamente contextualizadas.

Abordagens contextuais do ensino de ciências propõem que o ensino de ciências de qualidade deve ser acompanhado por uma aprendizagem sobre as ciências (Kyle, 1980; Lederman e Druger, 1985; Norris, 1985; McAdam, 1990; Cleminson, 1990; Solomon *et al.*, 1992; Meichtry, 1993; Matthews, 1995; Villani *et al.*, 1997; Khishfe e Abd-El-Khalick, 2002).

Matthews (1995) apresenta um panorama internacional sobre essas abordagens no ensino de ciências. Na Holanda e Dinamarca foi incluído nos programas de ensino o item “*a natureza da ciência*”. Na Inglaterra e País de Gales o Conselho Britânico de Currículo Nacional (NCC) defendeu em 1988, dentro do programa de reformulação do currículo de primeiro e segundo graus, a inclusão da “*natureza da ciência*” sob o argumento de que “*os estudantes devem desenvolver seu conhecimento e entendimento sobre como o pensamento científico mudou através do tempo e como a natureza desse pensamento e sua utilização são afetadas pelos contextos sociais, morais, espirituais e culturais...*”. A American Association for the Advancement of Science (AAAS) lançou, em 1989 nos Estados Unidos, o Projeto 2061 incluindo tópicos sobre a natureza da ciência na tentativa de diminuir os assustadores índices de analfabetismo científico naquele país.

Lederman e Druger (1985) informam que a Associação Nacional de Professores de Ciências dos EUA declarou, em 1982, a “*alfabetização científica para todos os cidadãos*” como principal objetivo do ensino de ciências, isso implicando, primordialmente, “*um adequado entendimento da natureza do conhecimento científico*”. Khishfe e Abd-El-Khalick (2002) reafirmam que “*ajudar os estudantes a desenvolver uma visão adequada da natureza da ciência é um objetivo central do ensino de ciências (American Association for the Advancement of Science [AAAS], 1990, 1993; National Research Council [NRC], 1996)*”.

O objetivo desses projetos era que as crianças viessem a considerar “*o fato de que há perguntas a serem feitas e que comecem a refletir não somente sobre as respostas para essas perguntas, mas, sobretudo, sobre quais as respostas válidas...*” (Matthews, 1995).

Adicionalmente, Khishfe e Abd-El-Khalick (2002) obtiveram que 85% dos estudantes (americanos) de sexta série demonstram visões ingênuas da natureza da ciência, como por exemplo: acreditam que o conhecimento científico é certo ou verdadeiro e não muda; que para aprender sobre algo da natureza os cientistas precisam simplesmente ver (ex: aprendeu-se sobre natureza atômica da matéria porque foi possível ver os átomos ao microscópio) e 84% dos estudantes não fizeram distinção entre evidência e conhecimento.

McAdam (1990) afirma que as crianças em idade escolar aprendem a ver o cientista e o trabalho do cientista de forma distorcida (o estereótipo do cientista é o de um “*excêntrico homem cabeludo e de casaco branco...*”). Essa imagem negativa, geralmente adquirida nas histórias em quadrinhos e desenhos da televisão, é difícil de superar e coloca em destaque o importante papel dos professores e dos cientistas para quebrar esse ciclo.

Com relação ao papel da observação Norris (1985) afirma que a noção de observação que prevalece no ensino é inadequada, retrata somente o segmento das observações simples, favorecendo uma imagem distorcida da observação científica e desenvolvendo nos estudantes habilidades observacionais inadequadas. Sugere “*que observação científica é inerentemente heurística, ou seja, concebida como uma forma e guia para a descoberta científica*” e uma função do estágio do conhecimento científico de cada época. Este enfoque é consistente com o objetivo bastante forte de ensinar aos estudantes uma visão correta da natureza da ciência, que prepara melhor para o trabalho científico.

Meichtry (1993) em uma revisão da literatura das últimas três décadas de pesquisa sobre o entendimento da natureza da ciência dos alunos em idade escolar obteve que a maioria dos estudos mostra que os estudantes têm um entendimento do

processo de construção da ciência muito abaixo do desejável. Revelou também que “os efeitos da linguagem no ensino de ciências, a ênfase no conteúdo do material instrucional integrado aos currículos de ciência e à instrução em geral foram variáveis curriculares tidas como de impacto negativo no entendimento dos estudantes sobre a natureza da ciência”.

Segundo Matthews (1995) “converter projetos de currículos em realidades de sala de aula requer novas orientações para a prática e avaliação, novos materiais e, acima de tudo, a inclusão de cursos adequados sobre História e Filosofia da Ciência na formação de professores”. Ao longo das últimas décadas o que se pôde aprender com alguns sucessos e muitos fracassos de programas que visavam diminuir o analfabetismo científico, sobretudo na Física, é que os professores não estavam devidamente preparados para lidar com currículos contextualizados e não tinham conhecimentos adequados de História e Filosofia da Ciência.

Esse argumento mostra a importância de preparar os Professores de Física a interpretar para seus alunos o processo de construção, idealizações, simplificações e modelização que a ciência utiliza e assim evitar o uso do método da descoberta simples e sem rigor. E nisso a História e Filosofia da ciência podem ajudar.

Villani *et al.* (1997) entendem que a utilização de metáforas ajuda a alcançar novidades para a melhoria do ensino de ciências. A metáfora “*comunidade de estudantes equivale à comunidade de cientistas*” sugere que se aprende com a análise histórica e do desenvolvimento das teorias científicas, na medida em que contextos de aceitação, resistência e dificuldades permeiam também o ensino de ciências.

Cleminson (1990) afirma que esforços que objetivam a melhoria da qualidade do ensino de ciências passam pelo exame de como a ciência é apresentada em sala de aula e de qual a relação com as noções de ciência das crianças. Entende que uma base epistemológica da natureza tentativa da ciência, desenvolvida pelos epistemólogos ao longo do século XX, pode ser usada em um novo modelo de ensino de ciências.

De uma maneira geral, a literatura tem mostrado que para que ocorra alfabetização científica nos níveis fundamental e médio não é suficiente apresentação dos produtos da pesquisa científica, mas deve também ser abordado o processo de construção do conhecimento científico e seus múltiplos aspectos sociais, culturais, históricos, epistemológicos, etc.

2.2 Pesquisa relativa às concepções da natureza da ciência e à adoção, na formação de professores, de visões epistemológicas contemporâneas

A melhoria na formação de professores de ciências, e de Física em particular, concentra grande parte da pesquisa nessa área (Cotham e Smith, 1981; Ogunniyi, 1982; Lederman e Druger, 1985; Bligh, 1989; Zeidler e Lederman, 1989; Cudmani e Sandoval, 1991; Sandoval *et al.*, 1995; Hashweh, 1996; Prosser, Walker e Millar, 1996; Palmquist e Finley, 1997; Lederman *et al.*, 1998; Bettany, 1998; Ryder *et al.*, 1999; Teixeira *et al.*, 2001; Islãs e Pesa, 2001; Mestre, 2001; Khishfe e Abd-El-Khalick, 2002; Lederman *et al.*, 2002; Shibley, 2003; Zimmermann e Bertani, 2003; El-Hani *et al.*, 2004).

Mestre (2001) apresenta um “*panorama das descobertas da pesquisa cognitiva dos últimos 25 anos referente ao ensino e aprendizagem de Física...*” e afirma que os resultados da pesquisa sugerem que o conhecimento que os especialistas usam para resolver problemas privilegia a discussão dos princípios envolvidos e a justificação do seu uso, em vez da simples manipulação de equações. Essa habilidade deve ser desenvolvida durante a formação dos cientistas e dos professores. Com referência à estrutura dos cursos de Física para a formação de professores sugere que devem incluir estratégias que facilitem o “*fazer sentido*” do conhecimento físico, que os conteúdos de Física e os pedagógicos devem ser integrados, que o ensino de conteúdos físicos deve ter um papel central, mas devem ser disponibilizadas oportunidades para aprendizagem dos “*processos de fazer ciência*”, argumentações qualitativas baseadas em conceitos físicos devem ser

encorajadas, estratégias metacognitivas devem ser ensinadas aos estudantes (refletir sobre sua própria aprendizagem, aprender como aprender mais eficientemente, ser reflexivo no sentido de poder resolver diferentes problemas com o mesmo enfoque, etc.).

Nessa linha, enfocamos o estudo da visão contemporânea da natureza da ciência como uma das estratégias que facilitam o “*fazer sentido*” do conhecimento físico.

Ryder *et al.* (1999) ao pesquisar a imagem da natureza da ciência retida por estudantes no último ano de universidade obtiveram que a maioria tende a ver as afirmações científicas como apoiadas apenas no terreno empírico. Alertam que os futuros professores “*precisam tornar claras para si mesmos suas imagens da natureza da ciência*”, pois é papel dos professores, como mediadores da cultura científica, comunicar tais idéias, seja explícita ou implicitamente, em suas aulas. Ogunniyi (1982) reafirmou, em seu estudo, resultados anteriores de que “*a maneira como a ciência é ensinada e aprendida não reflete adequadamente a natureza da ciência*”.

Segundo Shibley (2003) “*a aprendizagem requer reflexão e reflexão necessita de atividades que forneçam aos estudantes a oportunidade de examinar criticamente suas visões filosóficas*”. Sua pesquisa que envolveu o uso de notícias de jornal como “*textos facilitadores à exploração dos estudantes de tópicos atuais da natureza da ciência*” concluiu que foi uma experiência bem sucedida, pois engajou os estudantes numa análise crítica da natureza da ciência, além de torná-los conscientes da grande variedade de publicações disponíveis que precisam ser analisadas criticamente.

Hashweh (1996) em estudo com 35 professores de ciências de diferentes formações e lecionando em diferentes níveis educacionais obteve que crenças construtivistas¹ da natureza da ciência, sustentadas por professores: a) são mais apropriadas para identificar concepções alternativas dos estudantes; b) oferecem um rico repertório de estratégias de ensino; c) favorecem o uso de forma mais efetiva de

¹ Construtivista: sujeito participa ativamente das relações com o mundo físico e com outros sujeitos.

estratégias de ensino que induzem mudanças conceituais nos estudantes; d) informam mais freqüente o uso efetivo das estratégias de ensino e, e) avaliam essas estratégias de ensino, quando comparados aos professores que sustentam crenças predominantemente empiricistas. Bettany (1998) afirma que é importante que os professores estejam conscientes de que existem “*explicações alternativas das teorias científicas...*” que podem fornecer paradigmas criativos e abertos nos quais a imaginação dos estudantes pode operar.

A crença de que o ensino de Física é mais eficaz quando realizado numa abordagem contextualizada histórica e filosoficamente subsidia vários estudos. Teixeira, El-Hani e Freire (2001) e El-Hani, Tavares e Rocha (2004) informam pesquisas sobre as concepções da natureza da ciência de estudantes de Física (e de Biologia) e as mudanças produzidas por abordagens contextuais que enfocam conteúdos epistemológicos de forma direta. Os resultados mostram que houve evolução significativa e favorável em vários aspectos das concepções dos estudantes, a despeito da dificuldade de superação de algumas noções profundamente enraizadas em suas visões epistemológicas.

Cotham e Smith (1981) e Lederman *et al.* (2002) desenvolveram e validaram testes (instrumentos) para avaliar as concepções da natureza da ciência dos professores de ciência sob o argumento de que tanto os estudantes quanto os professores “*não têm alcançado um entendimento desejado da natureza da ciência*” (Lederman *et al.*, 2002) e que “*essas concepções, que têm importância social e educacional podem ter uma significativa influência no ensino de ciência como investigação*” (Cotham e Smith, 1981). Sugerem que as relações entre as concepções dos professores e suas práticas de ensino precisam ser mais profundamente investigadas.

Lederman e Druger (1985) em estudo envolvendo professores e classes de estudantes de Biologia, concluíram, por comparação entre professores/classes “bem sucedidas” e “mal sucedidas”, que as mudanças observadas nas concepções dos estudantes sobre a natureza da ciência estavam relacionadas a inúmeras variáveis de sala de aula: de “caráter geral” (por exemplo: a forma de apresentação do

conteúdo usando (ou não) histórias, analogias, exemplos; apresentação enérgica (ou teatral); se o professor permitiu (ou não) envolvimento dos alunos, perguntas, respostas; se o material apresentado foi adequado ao nível dos alunos; se os alunos tinham (ou não) tempo para executar tarefas, textos, exercícios, se o professor foi (ou não) agradável, se havia (ou não) relações de amizade entre alunos e professores, etc.) e outras de “caráter específico” (por exemplo: se o conhecimento científico foi (ou não) apresentado como de natureza tentativa; se foi apresentado como produto da criatividade e imaginação do homem; se ênfase foi dada (ou não) à validação empírica; se foram abordadas questões da ética/moral na produção científica, etc.).

Prosser, Walker e Millar (1996) buscaram um entendimento mais detalhado da percepção dos estudantes (de Física) da natureza da ciência uma vez que “*a percepção dos estudantes tem efeito na aprendizagem*”. A pesquisa mostrou que muitas das dificuldades apresentadas no estudo da Física estavam associadas à falta de compreensão das relações das teorias e princípios físicos com o mundo real e que a percepção inadequada da ciência leva ao estudo de forma incorreta e a um baixo nível de entendimento da Física.

Bligh (1989) observa que a visão clássica do mundo frente aos avanços da Física Moderna se mostra inadequada e que se faz necessária uma nova visão da ciência e da natureza da ciência, pois tem sido banida a visão reducionista-mecanicista-determinista do mundo da ciência clássica.

Ainda que alguns trabalhos (e.g., Palmquist e Finley, 1997) defendam a idéia de que a mudança de visão da natureza da ciência dos futuros professores possa ocorrer de forma implícita, a maioria das pesquisas argumenta que a natureza da ciência deve ser ensinada explicitamente (Lederman *et. al.*, 1998; Matthews, 1995; Ryder *et al.*, 1999, Lederman *et al.*, 2002; Khishfe e Abd-El-Khalick, 2002, entre outros).

Cursos e espaços aonde “*os estudantes têm oportunidade de discutir suas opiniões sobre os modelos tradicional e contemporâneo da natureza da ciência*”

caracterizam uma forma explícita e mais eficaz de instrução para se alcançar os resultados desejados, segundo Lederman *et. al.* (1998).

Um estudo, sobre o enfoque instrucional explícito e reflexivo comparado com o enfoque implícito, realizado por Khishfe e Abd-El-Khalick (2002), aonde dois grupos de estudantes (no ensino de ciências das séries iniciais) foram submetidos às mesmas atividades de investigação orientada, sendo que no grupo explícito as atividades foram seguidas por discussões reflexivas sobre aspectos da natureza da ciência, enquanto o grupo implícito não teve tais discussões, mostrou que a visão dos participantes do grupo implícito não foi diferente da inicial, enquanto *“um número substancialmente maior de participantes do grupo explícito informou visões mais articuladas em um ou mais aspectos da natureza da ciência”*. A conclusão sugere que *“o desenvolvimento de visões atualizadas da natureza da ciência é um resultado cognitivo que requer um enfoque instrucional explícito e reflexivo”*.

Relativamente às concepções de modelo científico e seu emprego na construção do conhecimento científico de estudantes universitários Islãs e Pesa (2001) entendem que *“... a modelagem na construção do conhecimento científico eleva esta estratégia a um dos conteúdos procedimentais que deveriam ser tratados explicitamente em todos os níveis da educação científica e mais ainda entre os futuros docentes (...)”*. Obtiveram que futuros professores de Física apresentam *“escassas referências ao caráter analógico da relação do modelo com a realidade”* ou como uma simplificação da realidade e não abordam os limites de validade dos modelos como sendo fundamentados no seu enquadramento teórico. Apenas alguns estudantes explicitaram esses aspectos, e estes tinham estudado modelos mentais e Epistemologia da Física. Os estudantes que não incluíam esses temas em seus currículos não fizeram essa distinção.

Cudmani e Sandoval (1991) insistem na necessidade de incorporar às aulas dos ciclos básicos universitários das áreas científicas e *tecnológicas “a análise crítica das relações entre modelo e realidade de modo a favorecer a reflexão...”* e como forma de facilitar a compreensão de que a Física, em especial, procede a drásticas idealizações e simplificações da realidade quando constrói as teorias científicas. Um

modelo representa um “salto” entre os dados empíricos e a teoria. “Salto” esse que não podem ser justificado simplesmente por regras da lógica.

Com relação aos debates sobre a importância dos Professores de Física (e de ciências, em geral) serem profissionais críticos e reflexivos Zimmermann e Bertani (2003) afirmam que se faz necessária uma articulação entre as disciplinas científicas e pedagógicas, entre a teoria e a prática nos cursos de formação de professores. Fundamentam sua pesquisa nas idéias de Bachelard e Lakatos e entendem que a conscientização da ocorrência e retificação do erro *“pode viabilizar a realização de uma nova ação”* num constante *“aprender a ensinar”*. Apontam para a reflexão (conhecimento, consciência e controle do que acontece na sala de aula) como a via capaz de fazer a integração entre os conhecimentos específicos e pedagógicos aprendidos na Universidade e a prática observada na sala de aula.

Sandoval, Cudmani e Madozzo (1995) atribuem à *“incorreta compreensão, por parte dos docentes, da natureza do trabalho científico, e a inadequadas estratégias educativas derivadas dessas visões”* o fracasso de algumas propostas inovadoras de ensino de ciências e afirmam que a *“imagem que o professor possui e transmite sobre a natureza da disciplina”* é um dos fatores mais importantes na aprendizagem da Física.

A literatura revela que os diferentes aspectos que têm sido objeto de pesquisa nessa área, como por exemplo: inclusão de estratégias que facilitem o *“fazer sentido”* do conhecimento físico; conscientização, exame crítico e transformação da imagem da natureza da ciência retida pelos futuros professores; aquisição de crenças epistemológicas contemporâneas como forma de diversificar o repertório de estratégias de ensino; adoção de abordagens contextualizadas histórica e filosoficamente como forma de tornar o ensino de Física mais eficaz; compreensão do caráter analógico de reação entre modelo e realidade; melhoria da representação social das ciências, dos cientistas e do trabalho científico, etc. apontam para a conclusão de que se faz necessário incorporar a História e Epistemologia nos cursos de formação de professores.

Uma quantidade bastante grande de trabalhos visa detectar as concepções da natureza da ciência retidas por professores e estudantes e outros tantos sobre as vantagens e estratégias de transformação dessas concepções, para torná-las mais adequadas à visão epistemológica contemporânea. Pouca pesquisa, entretanto, se propõe a investigar qual a real influência das concepções dos professores de Física (e de Ciências, em geral) nas concepções dos seus alunos. Em um desses trabalhos, Zeidler e Lederman (1989) mostram que existe relação entre diferentes linguagens dos professores (denominadas pelos autores de realista² ou instrumentalista³) e as concepções dos estudantes. A pesquisa parece deixar claro, por comparação entre classes “bem” e “mal sucedidas” nas concepções da natureza da ciência, que a linguagem que os professores usam para apresentar os conteúdos revela concepções epistemológicas implícitas que, através do discurso ordinário, acabam sendo, subseqüentemente, comunicadas aos estudantes.

De maneira geral, a literatura corrobora o pressuposto que nos tem servido de guia, de que as visões da natureza da ciência dos professores têm influências nas suas práticas instrucionais. Reafirma que a reflexão dos docentes com relação a essas questões é fundamental e que a História e Epistemologia nos cursos de graduação é uma disciplina geradora de motivação para que se possa alcançar, de forma efetiva, tais objetivos.

² Realista: expressão utilizada pelos autores referidos, e que em nosso trabalho denominamos “empirista-indutivista”. Dá importância à validação empírica direta, apresenta o conhecimento como fixo ou absoluto, apresenta os modelos como sendo equivalentes aos objetos e eventos, conhecimento científico não envolve criatividade e imaginação, ou seja, é independente do conhecedor e conhecimento objetivo existe porque simplesmente revelamos o que é apresentado pelos fenômenos naturais.

³ Instrumentalista: expressão utilizada pelos autores referidos, e que chamamos em nosso trabalho de “visão epistemológica contemporânea”. Admite outros enfoques de validação de dados, conhecimento é apresentado como sendo de origem tentativa, os modelos são apresentados como analogias com objetos e eventos, conhecimento científico é apresentado como um produto da criatividade e imaginação humana e conhecimento subjetivo existe porque escolhemos como examinar e interpretar os fenômenos naturais.

2.3 Pesquisa relativa à importância e às contribuições da História da Física (e das Ciências) no ensino

Trabalhos com este enfoque são freqüentes e buscam mostrar que a inclusão da História complementa o ensino tradicional tanto no nível médio quanto no universitário (Kyle, 1980; Prado, 1989; Neves, 1992; Solomon *et al.*, 1992; Matthews, 1995; Moura e Canalle, 2001; Dias, 2001; Niaz e Rodríguez, 2002; Marsh e Wang, 2002; Lin e Chen, 2002).

Marsh e Wang (2002) através de uma revisão dos esforços desenvolvidos nas últimas décadas relativamente à inclusão da História da Ciência nos currículos e práticas de ensino identificaram, como também em Kyle (1991), diferentes períodos em que ela foi enfatizada nos programas americanos e destacaram três diferentes possibilidades, levantadas na literatura, para sua inclusão no ensino de Ciências:

- “- entendimento conceitual (elementos históricos enriquecem a apresentação e enfatizam a natureza tentativa do conhecimento científico);*
- entendimento procedimental (elementos históricos fornecem a descrição de processos de pensamento, processos de investigação e processos de conclusão, inferências e aplicação);*
- entendimento contextual (elementos históricos fornecem a descrição de fatores psicológicos: motivação, incentivo, objetivos envolvidos no fazer científico; fatores sociais como: influências, necessidades sociais, fatores políticos que afetam as ações científicas e de fatores culturais como: personalidade, cultura familiar, social, ética, etc.)”.*

A pesquisa também investigou a percepção dos professores de ciências de nível fundamental e secundário, do papel instrucional da História da Ciência e suas práticas incluindo-a em suas aulas. O resultado mostra que os professores estão mais aptos a incluir elementos históricos para melhorar o entendimento contextual do que as outras duas possibilidades. Professores que acreditam e incluem a História da

Ciência em suas aulas identificam muitos benefícios para os estudantes, mas acham difícil buscar um entendimento procedimental através de elementos históricos. Para isso se faz necessário o estudo da Epistemologia.

Solomon *et al.* (1992) através de uma pesquisa-ação que *“monitorou a aprendizagem de alunos britânicos sobre a natureza da ciência usando alguns aspectos da história da ciência (...) estimulada pela publicação do National Curriculum for England and Wales”* obtiveram que *“ambos os tipos de dados coletados, numéricos e entrevistas, ofereceram substancial evidência de que nossos módulos de ensino de História da Ciência no currículo da escola normal produziram uma valiosa contribuição para o entendimento dos alunos da natureza da ciência”* em algumas áreas e, em outras, pouca mudança parece ter ocorrido.

No Brasil, Prado (1989) fez uma retrospectiva até então, sobre a participação de disciplinas de História nos cursos de graduação de Física, e afirma que essa incorporação contribui para a melhoria do ensino de Física porque *“a história da ciência é mais fascinante...”* e o *“ensino universitário é extraordinariamente dogmático...”*. Assim, a História evita que se apresente uma *“Física destituída de contradições”* e a *“ciência como objeto acabado”*. Concluiu que, em geral, o interesse de professores e estudantes pela História da Física é grande e que as atividades *“devem visar tanto à informação quanto à formação”* do futuro professor objetivando *“prepará-lo para que utilize, de forma crítica, os programas e livros-de-texto de que dispõe”*.

Niaz e Rodríguez (2002) observam que os livros didáticos *“raramente enfatizam as controvérsias que algumas teorias físicas tiveram no momento da sua propositura”* e que este seria um debate útil para a sala de aula, pois a reconstrução de tais episódios fornece o contexto em que teorias/modelos foram desenvolvidas e estimula os estudantes a compreender o que está sendo ensinado. Além disso, dá a idéia de que *“a controvérsia e o debate são parte integrante do progresso científico”*.

Neves (1992) defende que o resgate da História da Física é um recurso didático para qualificar o ensino de Física e critica a matematização excessiva, o

ensino formulista, a desmotivação, a falta de embasamento (histórico) e a falta de liberdade para uma visão autêntica do mundo no debate com os pares. Em seu artigo concluiu que *“os símbolos matemáticos que povoam a Física não indexam uma compreensão da Física...”* e que *“uma epistemologia se faz necessária”* ligada a uma estrutura que devolva ao indivíduo sua condição de atribuidor de significados aos fenômenos do mundo e de construtor da ciência e da Física, em sua compreensão efetiva e imaginativa.

Moura e Canalle (2001) mostram que por trás dos mitos que cercam os grandes cientistas existem muitas controvérsias que não são divulgadas e que a História da Ciência poderia esclarecer. Concluem que seria proveitoso que esses mitos fossem também discutidos *“treinando o estudante para saber discernir o fantasioso do real...”* e que *“além de tirar dúvidas, a discussão dessas histórias mostraria como é o verdadeiro trabalho de um cientista...”*. Nessa mesma linha Dias (2001) defende que a História da Física é um *“foro, onde a análise conceitual pode ser feita; ela permite rever conceitos, criticá-los, recuperar significados (...)”*. A compreensão de como e porque o conceito foi criado, dos “buracos lógicos” que ele preenche, revivendo o momento da sua criação facilita sua assimilação à luz de novas descobertas e torna as leis (da Física) menos “mágicas”.

Lin e Chen (2002) documentaram as vantagens obtidas por estudantes universitários de Química no entendimento da natureza da ciência através da História, na National Kaohsiung Normal University of Taiwan. Os resultados *“revelaram que o grupo experimental teve um melhor entendimento da natureza criativa da ciência, da natureza das observações científicas baseada na teoria, e da função das teorias”*.

A literatura mostra que a História da Física (e das Ciências) facilita a assimilação de novas descobertas, torna as leis e teorias menos “mágicas”, devolve ao indivíduo sua condição de atribuidor de significados aos fenômenos do mundo e de construtor da ciência e da Física, esclarece os mitos que cercam os grandes cientistas e o trabalho científico, fornece o contexto em que teorias e modelos foram desenvolvidos, estimula os estudantes a um entendimento contextual, etc. Porém,

deixa claro que é difícil buscar através de elementos puramente históricos um entendimento procedimental, um efetivo entendimento da natureza da ciência, capaz de preparar os futuros professores para que utilizem, de forma crítica, os programas curriculares e materiais instrucionais de que dispõem. Para isso *“uma epistemologia se faz necessária”*. Este é fundamentalmente o motivo porque, em nosso estudo, enfatizamos o desenvolvimento de uma visão epistemológica contemporânea da natureza da ciência.

Capítulo 3

REFERENCIAIS EPISTEMOLÓGICO E METODOLÓGICO

3.1 Referencial Epistemológico

O referencial epistemológico utilizado nesta pesquisa está baseado em filosofias de alguns dos principais epistemólogos do século XX, a saber: Karl Popper (1982), Thomas S. Kuhn (1978), Imre Lakatos (1993), Gaston Bachelard (1988), Larry Laudan (1977), Stephen Toulmin (1977), Humberto Maturana (2001) e Paul Feyerabend (1989).

Suas principais idéias e teorias são apresentadas e discutidas em detalhe ao longo do trabalho, principalmente no capítulo 5 – o cotidiano da sala de aula de uma disciplina de História e Epistemologia da Física para futuros professores de Física – aonde descrevemos as ações, os eventos, as explicações dessas visões pelo professor e as discussões por elas geradas em sala de aula.

Em razão disso, faremos aqui apenas comentários gerais procurando visualizar as linhas de uma base epistemológica comum entre as várias visões desenvolvidas ao longo do último século sobre a natureza da ciência.

O gigantesco avanço alcançado pela ciência, em particular pela Física, no século XX levantou importantes questões relativas à visão clássica do mundo, baseada na relação causa-efeito e responsável por uma ideologia reducionista, segundo a qual a natureza e os fenômenos naturais podem ser entendidos pelo estudo das partes, que por sua vez, obedecem ao determinismo causal da mecânica clássica.

Alguns aspectos desse avanço da visão científica do mundo indicam, segundo Bligh (1989), que: a natureza evolui de plasma (sopa de partículas) para sistemas; o universo tende a se auto-organizar (ex: átomo, organização molecular dos seres vivos, conglomerados de estrelas, etc); a não-linearidade parece ser uma característica crucial dos sistemas organizados (teoria do caos); as idéias na ciência

parecem ter força causal (ou seja, idéias causam ou ajudam a evoluir novas idéias); explicações alternativas das teorias científicas são necessárias para interpretar a natureza bizarra da Mecânica Quântica, etc.

Campos (2002) ao analisar “*o conceito de realidade imbuído no problema da observação*”, afirma que a Mecânica Quântica veio resgatar uma concepção da realidade como uma entidade de natureza complexa, aonde se faz necessária uma nova linguagem matemática para descrevê-la e baseada em resultados que pressupõem a existência além do sistema observado (objeto), do sistema observador (sujeito).

A interpretação da função de onda de Bohr revela uma nova concepção da realidade do mesmo modo que o modelo de Von Neumann, que demonstra que se um sistema quântico está presente em algum auto-estado de um dispositivo de medida, o produto desse auto-estado e o vetor de estado do dispositivo de medida deve evoluir no tempo de maneira consistente com as equações da Mecânica Quântica e com as probabilidades das medidas esperadas. A interpretação alternativa de David Bohm, por sua vez, define um “potencial quântico” como sendo o meio pelo qual são transmitidas as influências sobre as diferentes partes do sistema, interconectando cada região do espaço em um “todo” inseparável. Essas diferentes interpretações indicam que *“independente dos formalismos teóricos e das visões filosóficas propostos, é inegável a impossibilidade de elaborar uma análise mais precisa do que realmente ocorre no mundo quântico, a partir do nosso mundo clássico”* (Campos, 2002, p. 194).

Cleminson (1990) afirma que *“desde que Heisenberg e (...) mostraram que observador e observado são partes do mesmo sistema e não entidades separadas, a tão difundida “objetividade” do positivismo tem sido revolucionada”* e essas limitações do positivismo impulsionaram o desenvolvimento de uma “nova” Filosofia da Ciência.

Esses aspectos, entre outros, apontam para a necessidade de uma concepção mais aberta da ciência, uma visão naturalista-holística do cosmos sem, contudo, negar a necessidade da análise.

Essa silenciosa transformação da visão de mundo teve reflexos na Filosofia da Ciência ou Epistemologia (estudo da produção do conhecimento), que retomou questões há muito formuladas pelo homem, como: O que conhecemos? Como conhecemos? O que é o conhecimento científico? O que faz a ciência? E outras tantas perguntas nessa linha.

A Epistemologia teve, com isso, um considerável avanço lançando um novo olhar para o processo de produção e evolução do conhecimento científico, ao caráter e à função do conhecimento experimental, à natureza da ciência, enfim.

A visão vigente até o início do século XX era de que a ciência se distingue de outras formas de conhecimento pelo uso do método empírico e da lógica indutiva, e cujo critério de demarcação era o da verificabilidade das leis e teorias. Os indutivistas acreditavam ser possível induzir as teorias científicas de proposições simples que descrevem estados de coisas, que, em princípio, podem ser estabelecidas ou rejeitadas pela observação, ou seja, conhecimento oriundo da observação. Leis e teorias científicas poderiam alcançar, assim, o *status* de verdades absolutas. Essa visão é conhecida como visão empirista-indutivista da natureza da ciência.

Um novo enfoque da natureza da ciência surgiu ao longo do século XX através de diferentes interpretações epistemológicas, baseado na idéia de que a ciência é uma construção do homem através da razão, da criatividade, da imaginação. Um processo cuidadoso, mas sujeito a erros, como em qualquer outra atividade humana. Entrou em cena uma filosofia ora revolucionária, ora evolucionista, permeada pela mudança dos conceitos e teorias, gerando mudanças nas próprias comunidades científicas que os compartilham. Ou seja, novas idéias e novas teorias surgem continuamente e a comunidade científica permanentemente julga, seleciona, modifica ou abandona idéias e teorias de forma crítica. Sobrevivem as mais aptas na missão de explicar e modelar a natureza. Nenhuma dessas visões epistemológicas dispensa, entretanto, a comparação das conseqüências teóricas com os dados observacionais. É exatamente esse diferencial que garante credibilidade à ciência moderna. Esse conjunto de idéias constitui o que chamamos de “visão epistemológica contemporânea”.

Existem, como veremos ao longo deste trabalho, muitas divergências e controvérsias entre os próprios filósofos da ciência, de tal forma que não é possível falar em uma visão “correta” da natureza da ciência. A diversidade de idéias e visões enriquece o debate e constitui campo fértil para o avanço do conhecimento. A unanimidade de visões leva ao conformismo e solapa a criatividade.

Mas essas divergências não impedem que se possa afirmar que há, em grandes linhas, entre os expoentes da interpretação epistemológica do século XX, um conjunto de características de razoável concordância sobre a natureza da ciência.

Assim, a “*visão epistemológica contemporânea*” representa o que há de razoável consenso entre os principais epistemólogos estudados, formando uma espécie de base epistemológica com algumas características comuns:

- o conhecimento científico, embora consistente, é de natureza conjectural, hipotética e tentativa (é uma construção humana sujeita a mudanças);
- a imaginação e a criatividade são ingredientes indispensáveis para o avanço do conhecimento científico, aliadas às técnicas de investigação científica;
- a concepção empirista-indutivista está superada (leis e teorias não são descobertas através da utilização rigorosa do “método científico”);
- a teoria, sob a forma de hipóteses, precede a observação (observação, por si só, não é fonte de conhecimento);
- não há um método único e algorítmico para fazer ciência (há uma diversidade metodológica);
- a ciência não é socialmente neutra e descontextualizada, mas é sim um processo cooperativo (não pode perder de vista as necessidades sociais e ambientais);
- há uma permanente competição (ou substituição) de teorias e/ou programas de pesquisa (sobrevivem os mais aptos, os que explicam melhor, os que resolvem mais problemas científicos);

- conjuntos de conceitos e de teorias evoluem com o tempo acompanhando a própria evolução social e cultural (leis e teorias não são fixas e imutáveis, têm *status* temporário);
- a construção e a aquisição de conhecimento científico é um processo problemático, não-linear, não-cumulativo: envolve “saltos” e rupturas (o abandono de conhecimentos e teorias bem difundidas ocorre com relutância), mas está em busca de uma coerência global, valoriza a elegância e a simetria;
- reconhece o papel da observação e experimentação na pesquisa científica sem cair no “reducionismo experimental” (observação e experimentação tomadas como infalíveis, capazes de refutar de forma imediata uma hipótese teórica);
- os cientistas estudam um mundo do qual são partes (a visão de que é possível isolar o observador do objeto observado vem sendo superada).

A ciência, nessa visão, não está preocupada em “obter fatos” ou “descobrir verdades” mas sim em formular teorias que expliquem melhor os fenômenos naturais e resolvam de forma mais eficaz os problemas científicos e tecnológicos de cada época. Para tanto, a ciência formula hipóteses, extrapolando os dados disponíveis e propondo princípios gerais. Uma das características que diferencia ciência da religião ou outras formas de conhecimento é que os resultados da ciência são reproduzíveis por outros cientistas, utilizando as mesmas técnicas, e seus objetos de estudo pertencem ao mundo natural.

Teorias epistemológicas mais recentes passaram a destacar variáveis históricas, sociais, políticas, econômicas e culturais como fatores que realmente interferem (ou filtram) no processo de mudança conceitual e no avanço da ciência.

Assim, a ciência requer curiosidade e paixão pelo explicar (Maturana, 2001), desconfiança em relação à opinião prevalecente (Feyerabend, 1989), coragem para dizer não ao conhecimento anterior, para admitir o erro e assim avançar o espírito científico (Bachelard, 1988) e sensibilidade para a novidade (Feyerabend, 1989, e Toulmin, 1977).

Guiados pela “visão epistemológica contemporânea” da natureza da ciência acreditamos que estudantes (futuros professores) que detêm crenças empiristas-indutivistas têm maior dificuldade para estudar e compreender a Física (ou pelo menos de estabelecer relações entre os princípios físicos e o mundo real); que a inclusão de elementos históricos enriquece a apresentação dos conteúdos da Física; que a história da ciência, por ser fascinante, contrapõe o ensino universitário extraordinariamente dogmático, complementa a aprendizagem e motiva os futuros professores a reproduzirem tais estratégias nas suas próprias aulas; que o estudo das diferentes epistemologias leva os estudantes a desenvolver um conhecimento do seu próprio entendimento de como o pensamento científico mudou através do tempo e de como a natureza desse pensamento e sua utilização são afetadas por contextos sociais, morais, espirituais e culturais, tornando-os mais reflexivos; e finalmente, que essas visões influenciam suas práticas instrucionais.

Isso, em última análise, indica a necessidade de pesquisa no sentido de entender mais detalhadamente as concepções e a percepção dos estudantes da natureza da ciência com o objetivo de propor novas estratégias de ensino, que visem tornar os futuros professores conscientes das explicações alternativas das teorias científicas e de que o ensino de Física se torna mais eficaz sob uma abordagem histórica e filosoficamente contextualizada.

3.2 Referencial Metodológico

A metodologia utilizada neste estudo segue essencialmente as características de uma pesquisa qualitativa em educação, no contexto da Física.

Diferentemente da pesquisa quantitativa que geralmente se preocupa em enumerar e medir eventos seguindo com rigor um plano previamente estabelecido e com amplo emprego de instrumental estatístico, a pesquisa qualitativa é direcionada

ao longo do seu desenvolvimento, sem hipóteses fortes no início da investigação, o que lhe confere bastante flexibilidade.

O pesquisador, na perspectiva qualitativa, baseia-se em um paradigma em que a realidade é socialmente construída e no qual *teoria* não está associada a um conjunto de proposições testáveis sobre o mundo empírico, mas é utilizada para expressar um conjunto de assunções e conceitos logicamente integrados que orientam o pensamento e a própria pesquisa. Esta, por sua vez, volta-se principalmente à *questão dos significados que as pessoas atribuem aos eventos e objetos em suas ações e interações dentro de um contexto social*. Por isso Erickson (1986, p.119) a define como *interpretativa* pois, ele (pesquisador) está constantemente perguntando-se:

- “- *quais as ações, o que está acontecendo naquele cenário particular?*
- *qual o significado das ações e eventos (de ensino, aprendizagem, avaliação e currículo) para os indivíduos que deles participam, naquele momento e naquele espaço?*
- *como estão organizadas as ações relativamente aos princípios e organização da vida cotidiana?*
- *como o que está acontecendo naquele cenário se relaciona com os outros sistemas externos (família, escola, governo, etc.)?*
- *como a forma de vida cotidiana daquele cenário está organizada comparada a outras formas de vida social, em outros lugares e em outros tempos?”*

A busca de respostas a essas questões exige que o pesquisador esteja imerso, participante, por longo tempo, no cenário objeto de estudo, procurando entender o significado dos eventos da perspectiva dos atores envolvidos e a partir daí situar sua interpretação dos fenômenos estudados.

Essas exigências, acreditamos, não diminuem, em absoluto, a importância da pesquisa qualitativa, pois no dizer de Kaplan (Kaplan,1969, p.16/19/20):

“O fato de o cientista agir de modo mais ou menos razoável, sensato, inteligente, não depende de sua psicologia nem da nossa, quando apreciamos a atividade do cientista, mas do problema que ele enfrenta e da adequação das operações de seu espírito em relação a esse problema”.

E esse problema, no campo das ciências sociais, tem a ver com “o que” as pessoas fazem, expressando atitudes, expectativas, sentimentos, tudo isso em um contexto social. O relacionamento social e humano é rico, permeado de significados, anseios e tensões, buscas e esperanças e é peculiar a cada comunidade e, constitui um ambiente fértil para a criação do capital social tão necessário para as relações de confiança, ética e ideais de igualdade social. Este é um fator importante porque acreditamos que a pesquisa interpretativa é mais adequada neste campo do saber.

Existem diferentes tipos de enfoques de pesquisa interpretativa, mas basicamente eles apresentam em comum um conjunto de cinco características essenciais, capazes de identificar uma pesquisa desse tipo, conforme definem Bogdan e Biklen (1982, p.27):

- 1) *o ambiente natural como fonte direta de dados e o pesquisador como instrumento fundamental;*
- 2) *a pesquisa é descritiva (os dados são coletados através de palavras ou imagens: transcrição de entrevistas, notas de campo, fotografias, videotapes, documentos e tarefas produzidas pelos próprios sujeitos, etc.);*
- 3) *está preocupada com o processo em vez de simplesmente com os resultados ou produtos (preocupação com o contexto da situação);*
- 4) *os pesquisadores tendem a analisar seus dados indutivamente (não procuram dados ou evidências para comprovar hipóteses previamente formuladas, ao contrário, as hipóteses e as teorias vão sendo construídas ao longo da pesquisa);*

5) o significado é de essencial interesse para o enfoque qualitativo (o significado que as pessoas dão aos eventos, às ações e as suas vidas).

Segundo Erickson (1986, p. 123), a pesquisa interpretativa, que tem ganhado espaço desde as últimas décadas do século XX, tem suas origens ligadas à antropologia. Mais especificamente, quando em 1922 o antropólogo inglês Bronislaw Malinowski publicou suas informações descritivas, completas e sensíveis da vida e dos significados perspectivados da sociedade primitiva da colônia inglesa (Trobriand Archipelago) ele revolucionou a antropologia social levantando questões sobre a natureza das sociedades humanas e das Ciências Sociais.

Assim, tornaram-se agudas as distinções entre *Ciências Sociais* e *Ciências da Natureza*. Nas ciências naturais as relações entre causa e efeito eram pensadas como sendo mecânicas ou químicas e em geral, lineares, aonde o suposto básico era a uniformidade da natureza e daí a facilidade de se obter leis universais para explicar e prever os fenômenos naturais.

Na Biologia as interações entre organismos dentro e entre espécies são mais complexas, não-lineares e tipicamente multidimensionais. Mas, ainda assim, assume-se certa uniformidade, oriunda dos princípios da Física e da Química. Ou seja, sob dada condição “x” é provável que o comportamento de um animal seja o mesmo em duas diferentes ocasiões.

A *ciência social positivista*⁴ ou *comportamentalista* assumiu também essa uniformidade para os humanos. Alunos e professores eram observados e estudados dessa perspectiva, pensando as sociedades humanas modeladas como nas ciências físicas, aonde os homens são como máquinas, ou como organismos sujeitos a relações causais entre entidades.

O pesquisador interpretativo, todavia, toma a natureza da uniformidade de um ponto de vista diferente, à luz das nossas interpretações dos significados. Ainda que

⁴ Positivismo: concebe a ciência como um corpo de conhecimentos formado por proposições cientificamente comprovadas, ou seja, segundo Comte: a explicação dos fenômenos se dá através da observação dos fatos, inter-relacionada por parâmetros lógicos. Supõe a existência de fatos sociais com uma realidade objetiva independente das crenças dos indivíduos.

se observem *similaridades em uma dada ação, não é possível supor que os comportamentos de dois indivíduos tenham o mesmo significado para ambos* (op. cit.).

No dizer de Erickson (op. cit., p. 126/127):

“Portanto, uma distinção analítica crucial na pesquisa interpretativa é aquela entre comportamento, o ato físico, e ação, que é o comportamento físico mais a interpretação de significados dada pelo ator e por aqueles com quem o ator está interagindo. [...] Essas interpretações foram o resultado das escolhas humanas, feitas nos sucessivos elos da corrente da interação social”.

Kaplan (1969, p. 367) entende que o “significado do ato” e o “significado da ação” correspondem a dois sentidos do termo “interpretação” – um sentido largo e um sentido estrito – e que, a interpretação de um ato conduz a uma explicação “semântica” (lingüística) enquanto a interpretação de uma ação conduz a uma explicação “científica”. Teoriza que o cientista social deve alcançar primeiro o significado do ato (conduta traduzida por um comportamento particular) e buscar, a seguir, o significado da ação (ato praticado dentro de certa perspectiva que lhe dá significado e objetivo) e suas conexões com outras ações e circunstâncias.

A questão dos “significados” é bastante discutida na literatura. O significado, entendido como um processo, uma sucessão de atos lingüísticos através dos quais os pronunciamentos buscam atingir certos propósitos, apresenta um considerável grau de abertura dinâmica nas próprias ciências naturais. Um conceito físico, por exemplo, uma vez elaborado altera-se, com o passar do tempo, dando origem a outro, ligeira ou radicalmente diferente, para alargar o seu significado e aplicá-lo a situações cada vez mais amplas. Significado “aberto” não equivale a “vazio”. Essa abertura decorre fundamentalmente da natureza epistemológica da ciência, ou seja, do fato de que não há contextos finais de investigação.

De qualquer forma, nosso espírito adquire certa tranquilidade, pois, nosso objetivo não é o de buscar significados atemporais e abstratos, mas sim, o significado

local das ações. Em outras palavras, buscamos uma realidade concreta aonde a especificação dos significados se deu de forma ostensiva e descritiva.

Os pesquisadores sociais entendem que é necessário um método específico de pesquisa devido às peculiaridades das ciências sociais, focada na interpretação de significados, na compreensão das dinâmicas sociais, complexas, temporárias e restritas a um contexto, e não na busca de leis universais que possam explicar e prever.

“Os seres humanos, segundo esta perspectiva, criam interpretações significativas do seu entorno social e físico, portanto, dos comportamentos e interações das pessoas e objetos do seu meio ambiente. Nossas ações, conseqüentemente, estão condicionadas pelos significados que outorgamos às ações das pessoas e dos objetos com os quais nos relacionamos. Uma investigação que descuide destes aspectos está claro que não refletirá todas as dimensões dessa realidade, e inclusive poderíamos dizer, que captará o menos revelador dela”, (Torres Santomé, 1988, p.13).

Os subsídios para o enfoque da pesquisa qualitativa vieram da Teoria Crítica da Escola de Frankfurt (Adorno, Marcuse, Fromm, etc. - pretendiam a reconstrução do marxismo e não aceitavam o conhecimento científico como o unicamente válido) e de pensadores clássicos de tendência fenomenológica como: Dilthey, Rickert, Weber, Husserl, Heidegger e outros.

As ciências sociais, nas palavras do filósofo e historiador alemão Wilhelm Dilthey, devem usar métodos hermenêuticos, interpretativos, exatamente porque o homem difere dos demais seres vivos pela sua capacidade de construir e compartilhar significados. Husserl enfatizou a importância de se adotar uma perspectiva ampla e tentar ir às raízes (essências) da atividade humana, enquanto para Weber, o principal interesse da ciência social é o comportamento significativo dos indivíduos engajados na ação social.

Se tivéssemos o propósito de estabelecer uma dicotomia entre pesquisa interpretativa e quantitativa concordaríamos com Torres Santomé no sentido de que

mesmo os dados que as fórmulas matemáticas e estatísticas sintetizam na pesquisa quantitativa são produtos culturais e históricos, portanto, *não se pode analisá-los simplesmente esquecendo que foram produzidos num espaço e num tempo concretos e por alguma comunidade cujas peculiaridades estão condicionadas pelas formas de relacionamento entre os indivíduos que a compõem* (op. cit., p.14).

Essa é uma crença profunda que nos tem acompanhado ao longo da vida profissional e pessoal e que se constituiu num dos aspectos importantes da escolha da metodologia interpretativa para execução do nosso estudo. Acreditamos que a peculiaridade das relações sociais é fator decisivo para o sucesso ou fracasso não apenas das comunidades educativas, mas também das relações humanas em um sentido mais amplo como nas relações capital-trabalho, desenvolvimento-subdesenvolvimento, etc..

No dizer de Neves (1996) *nas ciências sociais os pesquisadores, ao empregarem métodos qualitativos, estão mais preocupados com o processo social do que com a estrutura social*. O ambiente social é visto como um mundo de significados passível de investigação e a linguagem e as práticas dos atores sociais é a matéria prima dessa abordagem, cujo propósito, como já mencionado, é revelar os significados subjetivos na perspectiva dos sujeitos envolvidos, compreender a vida cotidiana, descrever o comum, refletir suas práticas com vistas à transformação e à mudança da realidade.

Para situar melhor a metodologia desta pesquisa, faremos uma breve descrição dos principais tipos de enfoques interpretativos, segundo Moreira (2002).

- **Etnografia:** procura compreender e descrever uma cultura, a vida em grupo, podendo ser a comunidade local, a escola, a sala de aula, etc. O pesquisador é ao mesmo tempo observador e participante, influencia e é influenciado, recria para os leitores as crenças compartilhadas, as práticas, o conhecimento popular, o comportamento de um grupo de pessoas.

- **Estudo de Caso:** é um estudo detalhado, profundo, intensivo de um caso, de um grupo, de um indivíduo ou de um fenômeno. Não dispensa uma visão

holística (do todo) uma vez que a compreensão das partes pressupõe uma análise profunda das inter-relações entre as partes e do todo.

- **Investigação-ação:** tem como objetivo principal melhorar as práticas (educativas). É uma investigação coletiva, reflexiva, na qual os participantes buscam mudanças, inovações com uso de um plano de ação pré-estabelecido.

Dentre as tipologias descritas acima, nossa pesquisa se define melhor como um estudo de caso etnográfico. Buscamos valer-nos ao máximo das vantagens de uma pesquisa interpretativa etnográfica procurando descrever e documentar com riqueza, completude e rigor os eventos e significados das ações que ocorreram na micro-cultura da sala de aula, em uma disciplina de História e Epistemologia da Física do curso de Licenciatura em Física da Universidade do Rio Grande do Sul, no primeiro semestre de 2004.

Segundo Goetz e LeCompte (1988):

“O objetivo da etnografia educativa é aportar valiosos dados descritivos dos contextos, atividades e crenças dos participantes de cenários educativos. Habitualmente, ditos dados correspondem aos processos educativos tal como ocorrem naturalmente. Os resultados de ditos processos são examinados dentro do fenômeno global; raramente se consideram de forma isolada”.

Embora “estudo de caso etnográfico” seja um desenho qualitativo voltado à reconstrução cultural profunda e utilize estratégias fenomenológicas, empíricas, naturalistas, holísticas e multidimensionais que diferem, como bem refere a literatura, na forma e nos objetivos com relação à pesquisa quantitativa, elas não são excludentes. A combinação dos enfoques, chamada de “triangulação”, é uma opção que permite a utilização de diferentes fontes de coleta de dados e de meios de análise da informação, tornando o fenômeno investigado mais compreensível e a pesquisa mais completa.

Por fenomenologia, considerada uma das características básicas da etnografia, entendemos aqui a investigação e a compreensão da essência do

fenômeno, o que se mostra *através de uma busca atenta do sujeito que interroga e que procura ver além da aparência, insistindo na procura do característico, do básico e essencial do fenômeno* (Viggiani Bicudo e Cunha Espósito, 1997, p. 18).

A ênfase dos estudos fenomenológicos está nos aspectos subjetivos do comportamento das pessoas sem, no entanto, cair no idealismo radical. Para que o fenômeno se mostre *não basta vivê-lo, pois, na imersão a amplitude da visão se restringe. Por isso, a compreensão exige transcender esta perspectiva, numa abertura às diferentes possibilidades através da visão e do sentir do outro* (op. cit., contra-capa).

Bogdan e Biklen (1982, p.27) utilizam um exemplo elucidativo para facilitar a compreensão da fenomenologia. Descrevem uma situação em que, num cruzamento, dois carros colidem e os dois motoristas discutem dizendo coisas do tipo “aconteceu bem diante de seus olhos”, “fatos são fatos, você não parou”. Um policial que chega ao local é perguntado sobre como irá conciliar aquele conflito? Sua resposta é no sentido de que contradições ocorrem a todo o momento e que as partes envolvidas não necessariamente estariam erradas, tudo depende de como você vê as coisas, do ponto de vista utilizado. O enfoque reflexivo do policial para entender o fenômeno é tipicamente o de um pesquisador qualitativo, depende de um ponto de vista fenomenológico.

Sendo o fenômeno entendido dessa forma, então a realidade não é vista como algo objetivo e explicável em termos de causa e efeito, mas é algo que emerge na *intencionalidade da consciência* do sujeito que observa, compreende, interpreta e comunica. Esta é uma característica que *tende a reconhecer o princípio de que não existe objeto sem sujeito* (Triviños, 1987, p. 42).

Objetiva-se, no fundo, obter algum acesso à estrutura cognitiva dos estudantes observados buscando “ver além da aparência” para tentar identificar suas concepções epistemológicas e seu processo de transformação, fruto das discussões ocorridas durante a disciplina de História e Epistemologia da Física, sob o marco teórico da teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (1980).

Essa não é tarefa simples. Piaget (1973) citado em Moreira e Lang (1993, p. 12/13) assinala que no caso do exame clínico se deve buscar as crenças espontâneas (respostas fruto de uma reflexão anterior) e as liberadas (resultado de um raciocínio frente a uma solicitação) porque elas são um produto original do pensamento. Advertem que “*as coisas não são simples e convém submeter à crítica rigorosa os materiais recolhidos. (...) deve (o pesquisador) suprir as incertezas do método de interrogação, aguçando sua acuidade de interpretação*” (op. cit., p.13) .

Ainda que o “método clínico” utilizado por Piaget seja adequado para desvendar as representações utilizadas por crianças, acreditamos que não difere, na essência, quando se trata de adultos, pois está assentado sobre dois pilares de longo alcance: a conversação e a observação.

Por isso a observação participativa no cenário de estudo, o estar-com-o-percebido de forma atenta, na perspectiva do *descrever* e não do *explicar*, assume um elevado grau de importância.

Ainda assim, entendemos que deve existir uma permanente preocupação inerente ao método qualitativo, tanto na observação quanto na interpretação dos dados, pois como lembra Kaplan (1969, p. 141), o problema decorre do fato de que tanto o pesquisador quanto o seu objeto de estudo participam da mesma “humanidade”. Isso nos faz lembrar da Mecânica Quântica, aonde os instrumentos de observação interferem no sistema físico pesquisado, mas esse efeito não depende da observação em si, é uma consequência das leis da Física. Da mesma forma, nas ciências sociais o pesquisador é colocado frente a frente, interagindo com o seu objeto de estudo e é possível que a perturbação produzida seja da mesma ordem de grandeza dos efeitos que ele pretende medir. Em outras palavras, até que ponto o ato de observar afeta as pessoas (e suas ações) que estão sendo observadas? Quais os efeitos do objeto de estudo sobre o próprio pesquisador?

Goetz e LeCompte (1988, p.114) entendem que a subjetividade é um traço marcante da etnografia e que as crenças, as orientações metateóricas do pesquisador acabam interferindo nas suas opções e escolhas iniciais, bem como é

inevitável a comparação da sua própria cultura com aquela que está sendo pesquisada. A principal técnica etnográfica de coleta de dados, a observação participativa, é na verdade uma técnica invasiva. O que o pesquisador tenta fazer é estudar objetivamente os estados subjetivos dos sujeitos. Nem de longe esta é uma tarefa fácil. Só um longo tempo de participação na vida local coletando, examinando e reexaminando criticamente pilhas de dados pode compensar esse efeito, acreditamos.

O *estudo de caso* é entendido como o exame profundo e exaustivo da *unidade* em estudo (que pode ser um sujeito, um conjunto de sujeitos ou um evento particular) e que permite seu amplo e detalhado conhecimento.

Busca, na verdade, construir um saber em torno de uma particularidade. Isso porque o caso, seja ele simples ou complexo e abstrato, é sempre bem delimitado, com contornos claramente definidos no desenrolar do estudo, podendo ser similar a outro, mas é distinto por ter interesse próprio. Bogdan (op. cit., p. 59) diz que o *design* geral de um estudo de caso é melhor representado por um funil.

Juntando as características do *estudo de caso* com as da *etnografia* é possível vislumbrar que o que buscamos em nossa pesquisa é representar com profundidade o caso e não obter generalizações. Segundo Bogdan (ibid, p. 41) os achados da pesquisa interpretativa são generalizáveis não para outros cenários de mesmo tipo substantivo, mas para outros cenários em que profissionais dialogam com seus pares, como nas escolas, gerando o que ele chama de *Teoria Fundamentada*.

3.2.1 *Dos Procedimentos*

A pesquisa interpretativa tem um caráter fluido e aberto, mas não dispensa um planejamento para seleção e construção de técnicas de coleta de dados.

O nosso estudo esteve baseado em três fases distintas:

- Fase 1: observação, descrição, coleta e documentação dos dados.

- Fase 2: observação acompanhada de entrevistas semi-estruturadas.
- Fase 3: interpretação e análise dos dados.

FASE 1: consistiu da observação participativa em todas as aulas da disciplina de Historia e Epistemologia da Física, ministrada no primeiro semestre de 2004, no curso de Licenciatura em Física (diurno), da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, perfazendo um total de 64 horas-aula, com início em 24/03/04 e término em 14/07/04.

Todas as aulas aconteceram no prédio “O” do Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, em Porto Alegre.

Contou com 23 alunos matriculados, sendo que ao longo do semestre aconteceram duas desistências. O grupo era composto por 19 estudantes do sexo masculino e 4 do sexo feminino.

Nesta fase o destaque esteve na experiência vivenciada, na participação na vida cotidiana da sala de aula anotando as ações, interações e atividades dos estudantes através de notas de campo. Foram acrescentados alguns comentários interpretativos oriundos das percepções, da empatia com os estudantes e do papel que pesquisador e estudantes foram assumindo no desenrolar das interações. Conversas e anedotas de sala de aula entre grupos de alunos e entre professor e alunos ajudaram a obter indícios sobre suas crenças a respeito do mundo, sobre a natureza da ciência, suas definições de realidade, e sobre o efeito que as visões epistemológicas discutidas ao longo do curso foram produzindo.

Procedeu-se à anotação de citações, perguntas, respostas, afirmações, relatos ilustrativos de pontos de vista específicos e também a coleta dos materiais produzidos pelos estudantes tais como: mapas conceituais, quadros comparativos, monografias sobre história da física e monografias sobre a epistemologia dos principais filósofos da ciência do século XX.

FASE 2: consistiu na realização e gravação de entrevistas semi-estruturadas e observação participativa na disciplina de Pesquisa em Ensino de Física com o

mesmo grupo de estudantes, com exceção de 3 alunos que não se inscreveram nesta disciplina, no 2º Semestre do ano letivo de 2004, que teve início em 23/08/04 e término em 11/01/05.

As entrevistas foram realizadas no período de outubro/2004 a maio/2005. Foram gravadas em fita de áudio e seguiram basicamente a estrutura de uma entrevista *semi-estruturada*, conforme Triviños (1987, p. 146):

“Podemos entender por entrevista semi-estruturada, em geral, aquela que parte de certos questionamentos básicos, apoiados em teorias e hipóteses, que interessam à pesquisa, e que, em seguida, oferecem amplo campo de interrogativas, fruto das novas hipóteses que vão surgindo à medida que se recebem as respostas do informante”.

Foi esta a linha seguida, ou seja, as entrevistas constaram de onze perguntas básicas que foram sendo aplicadas à medida que a conversa evoluía, não necessariamente na mesma ordem. A natureza das perguntas, basicamente, foi explicativa e avaliativa. Buscou-se saber o ponto de vista do estudante sobre a natureza da ciência, seu processo de construção e evolução, origem e caráter das leis e teorias e seu juízo de valor sobre a disciplina de História e Epistemologia da Física, sua relevância e contribuição no processo reflexivo e na melhoria de suas práticas docentes. Buscou-se também colher sugestões sobre eventuais mudanças nos procedimentos, estratégias e sobre o melhor momento em que ela deveria ser oferecida no curso de Licenciatura em Física.

FASE 3: A análise dos dados foi, sem dúvida, a fase mais importante do estudo, pois é o processo que permite penetrar sistematicamente e arranjar o conteúdo dos dados coletados para melhorar o entendimento dos mesmos e buscar indicadores que possibilitem inferências de conhecimento e tornem possível a apresentação desses achados aos outros (leitores).

A transcrição das anotações de campo e das entrevistas, a classificação de conceitos, a categorização, os comentários reflexivos, etc. foram partes importantes do conjunto de técnicas que caracterizaram essa fase, ainda que, tipicamente, a

pesquisa qualitativa pressupõe que o pesquisador submeta suas atividades, em todas as fases, a um questionamento e reavaliação contínuos.

Na verdade, busca-se validade através da credibilidade. E esta está associada à qualidade da análise. É preciso trabalhar com os dados, organizá-los, sintetizá-los, fragmentar as citações e descrições em unidades manejáveis, descobrir o que é importante e o que é secundário, decidir o que vai ser dito no produto final da pesquisa. Foi isso que procuramos fazer nos capítulos 5, 6 e 7 que compõem esta dissertação.

Nosso estudo incluiu também, no capítulo 4, uma análise quantitativa complementar, buscando organizar, interpretar e tratar estatisticamente os resultados de pré e pós-teste, representado por um questionário (Harres, 1999) contendo vinte e cinco questões/afirmações sobre concepções epistemológicas.

Capítulo 4

“HISTÓRIA E EPISTEMOLOGIA DA FÍSICA” NA LICENCIATURA EM FÍSICA: UMA DISCIPLINA QUE BUSCA MUDAR CONCEPÇÕES DOS ALUNOS SOBRE A NATUREZA DA CIÊNCIA

4.1 Introdução

Tratamos neste capítulo da etapa de análise quantitativa complementar de dados de um *“estudo de caso etnográfico sobre a contribuição de diferentes visões epistemológicas contemporâneas na formação de Professores de Física”*. Nesta etapa, diferentemente de três outras em que o tratamento foi qualitativo, realizamos uma análise quantitativa de pré e pós-teste através dos resultados da aplicação de um questionário contendo vinte e cinco perguntas/afirmações sobre a natureza da ciência (Harres, 1999). O estudo, como um todo, é basicamente qualitativo, mas começamos sua apresentação com a parte quantitativa porque é nela que se descreve com mais detalhe a disciplina e a metodologia de ensino, de modo a facilitar a compreensão das narrativas feitas nos próximos capítulos.

O questionário foi aplicado no início e no final da disciplina em que realizamos a nossa observação participativa. A população-alvo foi um conjunto de 23 estudantes inscritos na disciplina História e Epistemologia da Física no 1º Semestre de 2004.

Trata-se de disciplina obrigatória para o Curso de Licenciatura em Física do Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, tem carga horária semanal de 4 horas, correspondendo a 4 créditos e é oferecida no sétimo semestre do curso.

O conteúdo programático contempla: origem e justificação do conhecimento (dos antigos gregos à atualidade); discussão dos principais períodos históricos de desenvolvimento da Física (Aristotelismo, Física Medieval, A Física de Copérnico, Kepler, Galileu, Descartes, Newton e a Física do Século XX); Epistemologias do Século XX (Popper, Kuhn, Lakatos, Laudan, Bachelard, Feyerabend, Toulmin, Maturana); a epistemologia empirista-indutivista nos livros de texto atuais e nas

concepções de ensino-aprendizagem e as implicações da história e epistemologia da Física para o ensino.

Entre os objetivos da disciplina destacam-se: proporcionar uma visão crítica acerca do problema da origem e justificação do conhecimento científico através do estudo da História e da Filosofia da Física e buscar as implicações destas idéias para o ensino da Física. A abordagem da disciplina incluiu apresentação e discussão de forma explícita das visões epistemológicas contemporâneas e trabalhos individuais e de grupo sempre apresentados em sala de aula e seminários.

4.2 Estratégias de Ensino

Nas aulas, o professor, ao abordar cada um dos oito epistemólogos trabalhados na disciplina, fazia inicialmente uma breve exposição das principais posturas epistemológicas do filósofo da ciência em pauta.

A seguir distribuía textos de apoio, alguns por ele mesmo preparados especialmente para a disciplina. Esses textos também continham as principais convicções epistemológicas dos epistemólogos em questão, além de referências a suas obras básicas e a artigos publicados em revistas de ensino de Física, particularmente no Caderno Brasileiro de Ensino de Física. Contudo, os alunos não eram solicitados a, necessariamente, consultar as obras originais, tendo em vista a natureza bastante introdutória da disciplina. Aspectos históricos da Física eram usados para ilustrar e fundamentar as visões epistemológicas de cada autor.

Em continuidade, os alunos se dividiam em pequenos grupos, com três ou quatro integrantes, no máximo, a fim de traçar um mapa conceitual (Moreira e Buchweitz, 1987) sobre a epistemologia desse autor. Esses grupos não eram obrigatoriamente fixos, mas, na prática, vários deles mantiveram a mesma constituição ao longo do transcorrer de toda a disciplina.

Durante a atividade em grupo, o professor e a observadora participante (que, na prática também atuava como docente) circulavam entre os grupos orientando a

elaboração do mapa conceitual e discutindo com os alunos questões epistemológicas. Essa parte do estudo de cada epistemólogo durava de três a quatro horas e se caracterizava por acentuada interação social entre alunos e entre docentes e alunos. Denominamos essa estratégia de atividade colaborativa presencial participativa.

Quando pronto, o mapa conceitual do grupo era apresentado, por um ou mais de seus integrantes, ao grande grupo em transparências para escrita normal ou em *datashow*. Esse mapa era então comentado e criticado pelo grande grupo e pelos docentes. Terminada a apresentação, os alunos entregavam o mapa conceitual para fins de avaliação. Podiam, no entanto, revisá-lo, em função dos comentários e críticas, antes de entregá-lo ao professor. Analogamente, podiam refazer o mapa conceitual após recebê-lo do professor com comentários e um conceito avaliativo. E geralmente o faziam quando não satisfeitos com o conceito recebido. Chamamos de recursiva essa parte da avaliação da disciplina.

De um modo geral, a abordagem de cada epistemólogo era feita em três aulas de duas horas cada uma, totalizando 48 horas. As demais aulas foram utilizadas para a elaboração, pelos alunos, de quadros comparativos entre os epistemólogos e para os seminários da História da Física.

O conceito final na disciplina foi dado também em função de duas monografias e um seminário:

- uma monografia individual sobre as principais colocações dos oito epistemólogos trabalhados na disciplina, podendo incluir os mapas conceituais feitos em grupo ou individualmente;
- uma monografia feita em parceria com um colega, sobre um dos seguintes temas: A Física de Aristóteles, A Física Medieval, A Física de Copérnico, A Física de Kepler, A Física de Galileu, A Física de Descartes, A Física de Newton, A Física de Einstein, A Física de Bohr, A Física de Quarks, A Física de tudo, A Física e a 2ª Guerra;

- um seminário de 30 minutos para apresentar formalmente, usando *datashow*, o conteúdo da monografia sobre História da Física.

4.3 Estudos Relacionados

Estudos a respeito das contribuições da história e epistemologia das ciências para a formação de professores mais reflexivos e para uma formação científica contextualizada e mais eficaz têm sido freqüentes na literatura: e.g., Ryder *et al.* (1999), Teixeira *et al.* (2001), Lin e Chen (2002), El-Hani *et al.* (2004), Lederman e Druger (1985), Lederman *et al.* (2002), Lederman *et al.* (1998), Shibley (2003), Cotham e Smith (1981), Marsh e Wang (2002), Solomon *et al.* (1992), Zimmermann e Bertani (2003), Prado (1989), Matthews (1995), Sandoval *et al.* (1995), Villani *et al.* (1997), entre outros.

A despeito dos esforços desenvolvidos a partir de 1960, Lederman *et al.* (2002) afirmaram que a pesquisa tem mostrado que tanto os estudantes quanto os professores “*não têm alcançado um entendimento desejado da natureza da ciência*”.

Desta forma, justifica-se pesquisa nessa área. Vivemos o início do século XXI, quando se fala em uma sociedade do conhecimento. É preciso que nos perguntemos que tipo de educadores estamos formando para mediar o conhecimento científico? Ao discutir os saberes (e os dogmas) dos nossos tempos Rossato (2002, p. 42) propõe a seguinte questão: “*em que cremos: no homem? Na ciência? Em Deus?*”. Percebe-se que a ciência chega a ocupar o mesmo *status* de Deus e do homem. Perguntaríamos então: qual a natureza da ciência em que cremos quando ensinamos Física e/ou ciências?

Estamos particularmente convencidos de que as visões da natureza e do processo de evolução da ciência, subjacentes ao ensino de Física, ainda hoje, são predominantemente empiristas/indutivistas.

4.4 O Questionário

Foram coletados 23 questionários no pré-teste e 19 no pós-teste. Isso ocorreu porque dois alunos desistiram da disciplina e dois estiveram ausentes no dia do questionário final.

O questionário (Harres, 1999) é mostrado na sua íntegra na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 – Questionário aplicado na forma de pré e pós-teste.

NATUREZA DA CIÊNCIA

A seguir aparecem 25 afirmativas sobre como é produzido o conhecimento científico: como ele evolui, como ele se diferencia de outros tipos de conhecimentos e outros aspectos. Em cada uma das afirmativas você pode posicionar, em uma escala de cinco pontos, a extensão de sua concordância ou discordância segundo a seguinte codificação:

CONCORDO FORTEMENTE	CF
CONCORDO	C
INDECISO	I
DISCORDO	D
DISCORDO FORTEMENTE	DF

Faça um círculo ao redor da(s) letra(s) que melhor expressa(m) a sua opinião e evite marcar muitas vezes INDECISO.					
1. A elaboração de Leis e Princípios científicos dispensa obrigatoriamente a criatividade, a intuição e a imaginação do pesquisador.	CF	C	I	D	DF
2. O modo como a Ciência produz conhecimento segue necessariamente a seqüência: observação de fatos, elaboração de hipóteses, comprovação experimental das hipóteses, conclusões, generalização.	CF	C	I	D	DF
3. Qualquer investigação científica sempre parte de conhecimentos teóricos para só depois realizar uma testagem experimental.	CF	C	I	D	DF
4. , O conhecimento científico se distingue do não-científico pelo fato de usar o método científico, isto é, partir da observação e experimentos para a posteriormente elaborar Leis e Princípios.	CF	C	I	D	DF
5. Todo conhecimento científico é provisório.	CF	C	I	D	DF
6. , Quando dois cientistas observam os mesmos fatos, eles devem chegar obrigatoriamente às mesmas conclusões.	CF	C	I	D	DF
7. o aspecto mais importante na evolução do conhecimento científico são os novos experimentos e as novas observações.	CF	C	I	D	DF
8. Problemas científicos diferentes podem requerer diferentes seqüências no desenvolvimento das etapas do método de investigação.	CF	C	I	D	DF
9. Observações científicas são sempre o ponto de partida para a elaboração das Leis e Princípios em Ciência,	CF	C	I	D	DF
10. Existem investigações científicas que dispensam a realização de experimentos.	CF	C	I	D	DF
11. Leis e Princípios que entram em conflito com observações ou resultados experimentais devem ser rejeitadas imediatamente,	CF	C	I	D	DF
12. A evolução da Ciência ocorre principalmente pelo desenvolvimento e proposição de novos modelos, teorias, concepções.	CF	C	I	D	DF
13. Em uma pesquisa científica o mais importante são os detalhes factuais.	CF	C	I	D	DF

14. Para que um enunciado se transforme em Lei ou Princípio científico não é necessário que seja demonstrado como verdadeiro.	CF	C	I	D	DF
15. Todo conhecimento científico resulta da obtenção sistemática e cuidadosa de evidências experimentais.	CF	C	I	D	DF
16. O pesquisador sempre está condicionado, em sua atividade, pelas hipóteses que intui sobre o problema investigado.	CF	C	I	D	DF
17. Tudo aquilo que não é passível de comprovação experimental não pode receber a designação de conhecimento científico.	CF	C	I	D	DF
18. Um mesmo conjunto de evidencia experimentais sempre é compatível com mais de uma Lei ou Princípio científico.	CF	C	I	D	DF
19. Através da ciência e de seu método pode-se responder a todas as questões.	CF	C	I	D	DF
20. Descobertas científicas sempre caracterizam-se muito mais como achados do que propriamente descobertas, uma vez que sempre confirmam ou contrariam uma expectativa teórica anterior.	CF	C	I	D	DF
21. EXiste apenas um método geral e universal para produzir conhecimento científico.	CF	C	I	D	DF
22. Através do experimento o pesquisador comprova se a sua hipótese de trabalho é verdadeira ou falsa.	CF	C	I	D	DF
23. Idéias metafísicas ou não-científicas podem, por vezes, direcionar a pesquisa científica para resultados relevantes.	CF	C	I	D	DF
24. As afirmações científicas e os enunciados científicos são necessariamente verdadeiros e definitivos.	CF	C	I	D	DF
25. Toda investigação científica começa pela observação sistemática do fenômeno a ser estudado.	CF	C	I	D	DF

Para cada afirmativa (sobre como é produzido o conhecimento científico, como evolui e como se diferencia de outros tipos de conhecimento, etc.) o estudante deveria escolher a resposta que mais se aproximasse da sua posição de acordo com a extensão da sua concordância ou discordância.

A resposta de cada item foi transformada em escore (de um a cinco), que somados produziram o escore total.

O objetivo do questionário foi avaliar o grau de adequação das concepções dos estudantes com relação às visões aceitas pela epistemologia contemporânea que, em linhas gerais, apresenta um conjunto de características de razoável concordância (já mencionado no referencial epistemológico), quais sejam: o conhecimento científico é de natureza imaginativa, criativa, conjectural, hipotética e tentativa; a concepção empírico-indutivista está superada; a teoria precede a observação (observação, por si só, não é fonte de conhecimento); a ciência não é

socialmente neutra e descontextualizada, mas é sim um processo cooperativo; conjuntos de conceitos e teorias evoluem (não são imutáveis), etc.

Acreditamos que a amostra, embora não aleatória, representou a população dos estudantes em final de curso de Licenciatura em Física da UFRGS, pois foi homogênea no sentido de que todos cursavam o sétimo semestre. O número total de semestres previstos para a conclusão do curso é oito. A heterogeneidade com relação a gênero e idades será também objeto de discussão da nossa análise.

4.5 Análise de Fidedignidade do Questionário

Utilizando os escores realizamos uma análise de consistência interna (autocorrelação) do questionário. Com o objetivo de avaliar a confiabilidade das medidas nos detivemos na análise da fidedignidade.

“A fidedignidade de um instrumento refere-se à estabilidade, à reprodutibilidade, à precisão das medidas com ele obtidas, ou seja, ao grau de consistência dos valores medidos” (Moreira e Veit, 2003, p.1).

Como na prática não é possível aplicar várias vezes o mesmo questionário ao mesmo grupo de estudantes, nas mesmas condições, estima-se a fidedignidade utilizando procedimentos estatísticos. Uma das mais utilizadas maneiras de se estimar o coeficiente de fidedignidade é através do coeficiente alfa de Cronbach (Cronbach, 1951, apud. Moreira e Silveira, 1993). Para este fim, seguimos os procedimentos detalhados por Silveira (Silveira, 1993, apud Moreira e Silveira, 1993, p. 89-93).

Correlações (ou coeficientes de fidedignidade) de +1,00 indicam perfeita fidedignidade, enquanto valores próximos de zero indicam ausência de fidedignidade. Quando se deseja utilizar os escores gerados pelo instrumento para comparar

médias de grupos correlações da ordem de 0,70 são aceitáveis (Moreira e Silveira, 1993, p. 83).

No nosso caso, aplicamos o questionário (inicial e final) a uma turma piloto que cursou disciplina idêntica durante o primeiro semestre de 2003, além da turma em estudo. As Tabelas 4.2 e 4.3 mostram de forma resumida os resultados da análise de consistência interna para as duas turmas.

Tabela 4.2 – Resumo da Análise de Consistência Interna - aplicação do questionário inicial e final à turma piloto (Semestre 2003/1, onde N é o número de estudantes).

Teste	N	Média do Escore Total (todos itens)	Média do Escore Total excluídos itens 12, 14 e 22	Número de Itens	Coefficiente Alfa
Pré	11	93,27	82,00	22	0,81
Pós	11	101,45	91,73	22	0,73

Tabela 4.3 – Resumo da Análise de Consistência Interna - aplicação do questionário inicial e final à turma em estudo (Semestre 2004/1, onde N é o número de estudantes).

Teste	N	Média do Escore Total (todos itens)	Média do Escore Total excluídos itens 12, 14 e 22	Número de Itens	Coefficiente Alfa
Pré	23	88,39	76,87	22	0,75
Pós	19	101,31	90,11	22	0,80

Calculamos também o coeficiente de correlação de Pearson ($\tau_{i,T}$) (Wherry, 1984, apud. Moreira e Silveira, 1993) que permitiu avaliar o quanto o escore de cada item estava relacionado com o escore total e com o coeficiente alfa.

Obtivemos $\tau_{i,T}$ negativo para as questões 12, 14 e 22 em todos os testes. O coeficiente de correlação de Pearson é uma medida da relação linear entre duas variáveis e seu valor está necessariamente entre -1 e $+1$. Os extremos indicam relação perfeita item-total. Valores intermediários significam relação imperfeita, sendo que o valor nulo representa ausência de relação linear. O sinal do coeficiente informa sobre o sinal de declividade da reta que descreve a tendência entre duas variáveis (Moreira e Silveira, 1993, p. 70).

O exame de conteúdo dos itens 12, 14, e 22 (que obtiveram $\tau_{i,T}$ negativo) indicou que as concepções que eles pretendiam avaliar estavam contempladas por outros itens. Optamos, então, por eliminá-los para fins de recálculo dos coeficientes alfa. Isso explica porque nas Tabelas 4.2 e 4.3 o número de itens é 22 e não 25, que foi o número total de itens do questionário original, e também porque as médias diminuem.

4.6 Discussão e Resultados

O objetivo da análise quantitativa foi verificar se houve evolução das visões do grupo de estudantes, e se foi estatisticamente significativa, por influência das discussões e estratégias de ensino da disciplina de História e Epistemologia da Física.

Iniciamos fazendo uma análise descritiva dos dados. Assim, os escores totais de cada estudante, no pré e pós-teste, bem como a média, o desvio padrão e a mediana são mostrados na Tabela 4.4. A partir destes dados construímos o Gráfico 4.1, que possibilita uma melhor visualização da evolução dos escores totais.

A inspeção do Gráfico 4.1 e da Tabela 4.4 permite ver facilmente que todos os estudantes, exceção feita aos ALUNOS 9 e 11, tiveram aumento significativo do escore total no pós-teste. A tendência central que era de 88 pontos, com dispersão de ± 9 no pré-teste, subiu para 101 pontos no pós-teste, com dispersão de ± 10 . O fato de a mediana estar próxima da média, tanto no pré quanto no pós-teste, significa que não houve valores discrepantes (Barbetta, 2003, p. 109).

Este aspecto foi utilizado para justificar porque a variável idade não foi tomada como estatisticamente relevante. As idades médias do grupo oscilavam entre 21 e 30 anos. Somente dois alunos tinham idade superior a 30 anos. Como não houve valores discrepantes nos escores totais, consideramos desnecessário investigar diferenças nas visões da ciência entre estudantes de diferentes idades.

Tabela 4.4 – Escores totais de cada estudante (pré e pós-teste).

	PRÉ-TESTE	PÓS-TESTE
ALUNO 1	105	Desistiu
ALUNO 2	99	115
ALUNO 3	95	100
ALUNO 4	100	111
ALUNO 5	101	Desistiu
ALUNO 6	93	104
ALUNO 7	91	112
ALUNO 8	89	Não respondeu
ALUNO 9	92	93
ALUNO 10	89	Não respondeu
ALUNO 11	91	94
ALUNO 12	91	96
ALUNO 13	89	94
ALUNO 14	93	106
ALUNO 15	83	98
ALUNO 16	85	112
ALUNO 17	89	114
ALUNO 18	82	105
ALUNO 19	80	92
ALUNO 20	71	82
ALUNO 21	77	88
ALUNO 22	77	112
ALUNO 23	71	97
Média	88	101
Desvio Padrão	9	10
Mediana	89	100

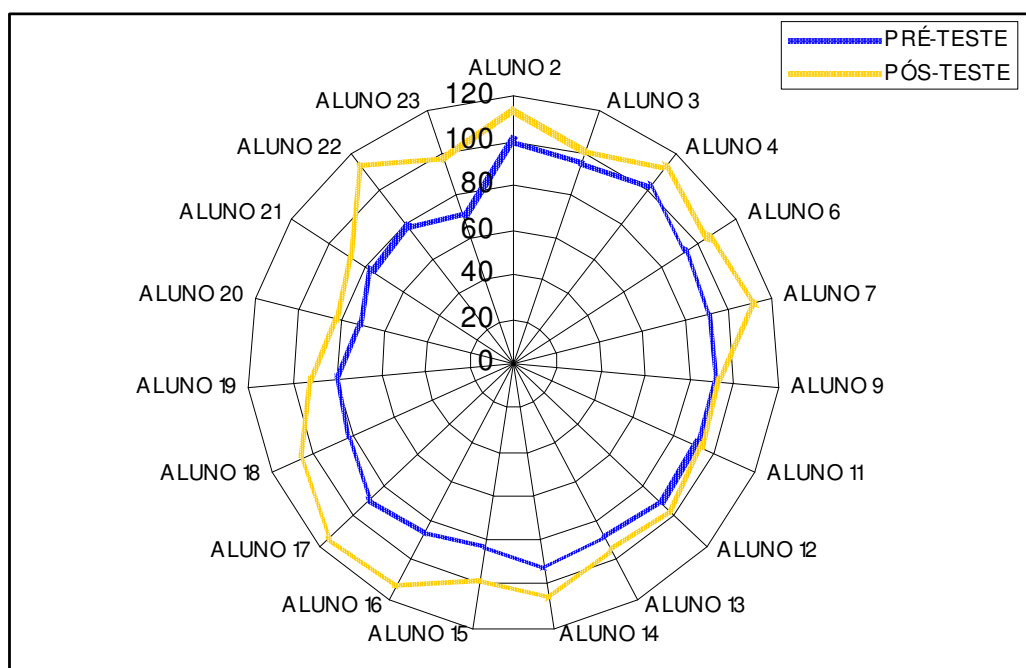


Gráfico 4.1: Evolução dos escores totais dos estudantes (pré e pós-teste).

A questão de saber se esses ganhos podem efetivamente ser atribuídos aos efeitos da disciplina de História e Epistemologia da Física é mais complicada porque não tivemos grupo de controle para testes estatísticos mais aprofundados.

Entretanto, como nossa pesquisa foi essencialmente qualitativa estamos convencidos de que a interpretação dos significados das ações de sala de aula mostrou, e as manifestações e opiniões dos estudantes nas entrevistas e nas monografias ratificou, que a evolução das visões indicada nesta análise estatística está associada às discussões e às estratégias de ensino desenvolvidas na disciplina e não a fatores externos. Avaliação meticulosa nesse sentido foi feita no processo de interpretação e análise da observação participativa, das monografias e das entrevistas individuais, que compõem as três outras etapas de análise desta pesquisa, descritas nos capítulos que se seguem (Massoni e Moreira, 2005; Moreira e Massoni, 2005, trabalhos submetidos à publicação) e que juntamente com este, relatam o estudo feito.

Desta forma, a análise estatística que ficou reduzida à comparação dos resultados do tipo *antes* e *depois*, serviu como análise complementar.

Particularmente não acreditamos que a análise puramente estatística pudesse garantir elevado grau de certeza aos resultados. Os estudantes, alguns com alta capacidade intelectual, poderiam ser levados a responder como o esperado ao invés de expressar suas verdadeiras crenças. Como exemplo citamos o ALUNO 17. Ele foi classificado como detentor de uma visão empirista-indutivista no início da disciplina pela análise etnográfica e seu escore total no pré-teste (89 pontos) confirmou esse resultado. Mas seu escore total saltou para 114 pontos no pós-teste. Isso poderia permitir inferir que no final da disciplina ele tinha migrado para uma visão completamente alinhada àquela aceita pela epistemologia contemporânea sobre a natureza da ciência. A análise qualitativa de sua monografia sobre a epistemologia mostrou, entretanto, que ele chegou ao final com uma visão parcialmente adequada, apresentando conflitos importantes entre antigas e profundas crenças empiristas/indutivistas e as novas visões estudadas. Seriam esses resultados contraditórios?

Acreditamos que não. Apenas revelam a fragilidade da análise quantitativa/estatística quando se refere a realidades sociais/humanas. O ALUNO 17 reforçou a veracidade desta hipótese ao escrever no próprio questionário final o que aparece na Figura 4.1, abaixo.

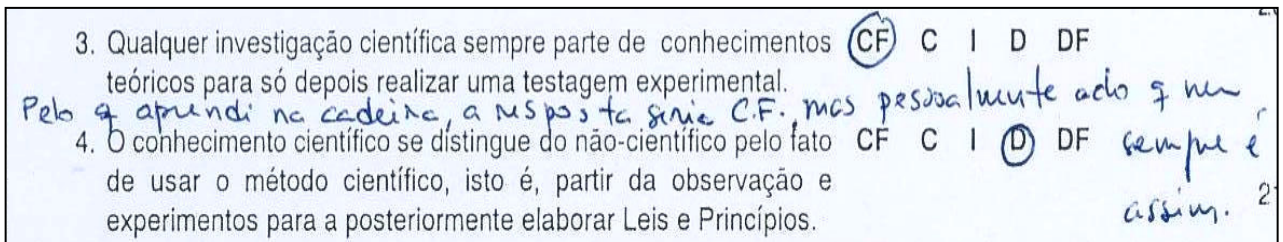


Figura 4.1 – Recorte do questionário preenchido pelo ALUNO 17 enfocando observação pessoal do aluno ao responder à afirmação nº 3.

Isso ocorre comumente na Física, isto é, o aluno memoriza as fórmulas e aprende a resolver um conjunto de *problemas exemplares*, no dizer de Kuhn (1978). Como, em geral, a avaliação é feita através de testes, que reproduzem esses problemas, ele se sai bastante bem com essa estratégia e acaba reforçando o que Ausubel (1980) chama de *aprendizagem mecânica*, ou em alguns casos, a simulação de *aprendizagem significativa*. Na realidade, não está sendo avaliado seu verdadeiro aprendizado, que às vezes é muito pobre e em nada contribui para sua formação acadêmica e cidadã.

Não estamos com isso pretendendo questionar o enorme poder do instrumental estatístico em vários campos da ciência. Mas parece razoável afirmar que na pesquisa educativa a realidade não pode ser entendida através de relações simples do tipo causa-efeito.

Não dá para esquecer, como afirmou filósofo e historiador Wilhelm Dilthey, que o homem difere dos demais seres vivos pela sua capacidade de construir e compartilhar significados. Além disso, todos os dados obtidos em uma realidade construída, como é a sala de aula, são produzidos num espaço e num tempo concretos e por alguma comunidade cujas peculiaridades estão condicionadas pelas formas de relacionamento entre os indivíduos que a compõem (Torres Santomé,

1988, p. 13), ou seja, impregnados de significados que os testes estatísticos não conseguem captar.

Como forma suplementar da análise quantitativa, utilizamos o pacote estatístico SPSS *for Windows–11.0* para realização de teste estatístico de hipótese. Nosso objetivo era refutar a *hipótese nula* (H_0 =a visão da natureza da ciência dos estudantes não se modifica por efeito das discussões e das estratégias de ensino utilizadas na disciplina de História e Epistemologia da Física).

Adotamos o *nível de significância* de 1%, ou seja, desejamos refutar a hipótese H_0 com 99% de chance de acerto ($\alpha=0,01$).

O teste estatístico avalia o valor de p (p pode ser interpretado como o risco de tomar a decisão errada, ou probabilidade de significância). Tipicamente, se $p \leq \alpha$ rejeita-se a hipótese H_0 .

Como nossos dados são os escores totais obtidos pelos estudantes nos questionários (inicial e final) estamos na condição de utilizar o **teste t** para dados pareados:

“O chamado ‘teste t’ é apropriado para comparar dois conjuntos de dados quantitativos, em termos de seus valores médios. [...] dois conjuntos de dados são pareados, oriundos, por exemplo, de um procedimento tipo antes-e-depois”. (Barbetta, 2003, p. 217).

Obtivemos como resultado da aplicação do **teste t** para os dados da Tabela 4.4 que $p < 0,01$. Portanto, como p é menor que o nível de significância adotado ($\alpha=0,01$) conclui-se que a hipótese H_0 é falsa. Este resultado já tinha sido apontado pela análise da estatística descritiva procedida anteriormente.

Realizamos também um teste (não-paramétrico) de associação *qui-quadrado* para investigar se houve diferenças entre gêneros. Dentre os 21 estudantes que concluíram a disciplina, 17 eram homens e 4 eram mulheres. A Tabela 4.5 mostra a situação das médias dos escores totais de cada gênero bem como as médias globalizadas.

Tabela 4.5 – Médias dos escores totais por gênero e médias globalizadas.

	PRÉ-TESTE		PÓS-TESTE	
	Masculino	Feminino	Masculino	Feminino
Média por gênero	89	87	102	98
Média globalizada	88	88	101	101

O valor obtido para χ^2 foi muito baixo e como conseqüência $p > 0,05$. Mesmo que utilizássemos nível de significância $\alpha = 0,05$ o resultado $p > \alpha$ indicou que a hipótese nula ($H_0 =$ gênero e escores totais são variáveis independentes) não pode ser rejeitada. Isso significa que a informação do sexo do estudante não fornece nenhuma pista sobre a evolução das suas visões da natureza da ciência, ou seja, essas variáveis não estão associadas.

Salienta-se que esta é uma situação perfeitamente normal nos cursos de Física, ou seja, historicamente o número de estudantes homens é bastante superior ao número de estudantes mulheres.

4.7 Comentário Final

Como já referido, a análise quantitativa/estatística tomou como base os resultados da aplicação de um questionário (Harres, 1999) sobre as concepções da natureza da ciência e consistiu de uma *análise complementar* à análise qualitativa predominante e que compõe os capítulos seguintes desta pesquisa. De qualquer forma, ratificou os resultados das análises qualitativas de que a apresentação e discussão das principais visões epistemológicas contemporâneas, de forma direta e utilizando amplamente os aspectos históricos de construção da Física, contribuiu positivamente na evolução das visões da natureza da ciência do grupo de estudantes e sugeriu uma formação de professores de Física mais reflexiva e crítica.

Capítulo 5

O COTIDIANO DA SALA DE AULA DE UMA DISCIPLINA DE HISTÓRIA E EPISTEMOLOGIA DA FÍSICA PARA FUTUROS PROFESSORES DE FÍSICA

5.1 Introdução

Este capítulo resulta da análise qualitativa tipo etnográfica, realizada em sala de aula, durante um semestre letivo, na disciplina História e Epistemologia da Física, do currículo de Licenciatura em Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Trata-se de uma disciplina obrigatória de 4 créditos, carga horária total de 64 horas, com duas aulas semanais de duas horas cada uma.

A disciplina tem por objetivo proporcionar uma visão crítica acerca do problema da origem e justificação do conhecimento científico através do estudo da História e da Epistemologia da Física e buscar as implicações destas idéias para o ensino da Física. A abordagem da disciplina incluiu apresentação e discussão de forma explícita de visões epistemológicas contemporâneas, trabalhos de grupo e individuais, debates, discussões das epistemologias do século XX e seminários de doze períodos históricos de maior avanço da Física.

A análise, por sua vez, procurou – através de observação participante, encultramento e imersão no cenário natural dos eventos, durante um intervalo de tempo relativamente longo – chegar a uma compreensão descritiva contextualizada do cotidiano da sala de aula dessa disciplina, a qual queremos compartilhar com outros pesquisadores da área de ensino de ciências através da narrativa, necessariamente extensa, que segue.

5.2 Narrativa

É possível afirmar, primeiramente, que a observação participativa proporcionou-nos vários meses de rico aprendizado, mesclados por conflitos e tensões como em todas as relações humanas, mas recompensados pelas alegrias

das pequenas descobertas, pelas amizades e pelas incontáveis experiências adquiridas. Um tipo de aprendizado que só é permitido através da convivência.

Como já mencionado, os alunos são de nível universitário, em fase final do Curso de Física. Portanto, já estudaram todas as disciplinas de Física básica, bem como introdução à Mecânica Quântica e Relativística. Além disso, tiveram oportunidade de conviver, durante vários anos, na vida acadêmica do Instituto de Física, quer tendo acesso aos laboratórios, quer através de bolsas de Iniciação Científica ou simplesmente assistindo aulas, palestras e seminários, nas mais diversas áreas de pesquisa em Física. Portanto, supomos que as idéias que eles expressaram durante a observação participativa, nos trabalhos escritos e nas entrevistas refletem a maneira como eles vêem a natureza da ciência e o processo de construção do conhecimento científico.

Então, partindo desse pressuposto iniciamos o processo de análise dos dados propondo-nos, como primeiro desafio, tentar buscar quais as concepções epistemológicas, quais as visões sobre a natureza da ciência o grupo de estudantes apresentava ao atingir aquela etapa do curso de Física, e tentar identificar as mudanças que a disciplina História e Epistemologia da Física conseguiria gerar.

Procuramos fazer isso dividindo a análise em quatro etapas:

1 – descrição das estratégias de ensino utilizadas na disciplina de História e Epistemologia da Física e análise quantitativa do pré e pós-teste, representado por um questionário contendo vinte e cinco questões/afirmações sobre concepções epistemológicas (Harres, 1999);

2 - análise qualitativa dos dados de campo (anotações e descrições) obtidos na observação participativa, bem como dos trabalhos elaborados pelos estudantes (apresentações orais e trabalhos escritos) no decorrer da disciplina;

3 – análise qualitativa das monografias elaboradas pelos estudantes sobre as visões epistemológicas contemporâneas estudadas, que constituiu em tarefa individual como requisito parcial de avaliação dos estudantes na disciplina. Esta

etapa foi complementada pela análise das anotações da observação participativa na disciplina de Pesquisa em Ensino de Física, oferecida no semestre seguinte ao da disciplina de História e Epistemologia da Física, tendo como público o mesmo grupo de estudantes, com algumas pequenas variações que descrevemos ao longo do relato.

4 – transcrição e análise das entrevistas semi-estruturadas, realizadas individualmente, com todos os estudantes que concluíram a disciplina de História e Epistemologia da Física.

Neste capítulo de nossa análise, que foi puramente qualitativa, descrevemos o cotidiano da sala de aula tentando interpretar falas e ações através do reexame crítico dos dados de campo coletados durante a observação participativa.

Estivemos preocupados muito mais com o processo social da sala de aula do que com a estrutura social. O ambiente, as falas, a linguagem e as ações foram nossa matéria prima de onde procuramos extrair significados e compreensão.

Assim, ao examinarmos e reexaminarmos as mais de duzentas páginas de notas de campo produzidas durante as observações da disciplina História e Epistemologia da Física e passados dez meses do início do curso, pudemos perceber o quanto alguns conceitos e visões da natureza da ciência eram inadequados e ao mesmo tempo profundamente enraizados nas mentes de boa parte daquele grupo.

Esclarecemos, inicialmente, que todas as transcrições de manifestações verbais dos alunos em sala de aula foram identificadas por uma sigla, por exemplo, AL2(AU1) que significa “aluno 2, aula 1”. Isto foi feito com o objetivo de associar cada fala à fase do curso e também para identificar quem está falando. A disciplina contou com um número de 32 aulas (com dois períodos consecutivos, totalizando 64 horas-aula) que foram numeradas cronologicamente. Os alunos também foram identificados. Embora a identidade tenha sido protegida, a Tabela 5.1 tem o objetivo de fornecer algumas características pessoais de cada estudante, procurando dar uma pequena idéia de quem está falando.

Tabela 5.1–Identificação dos estudantes inscritos na disciplina História e Epistemologia da Física (2004/1)

SIGLA	IDENTIFICAÇÃO	SEXO	ALGUNS DADOS PESSOAIS
AL1	ALUNO 1	Masculino	27 anos, é professor de escola pública.
AL2	ALUNO 2	Masculino	25 anos, é professor; possui bolsa de iniciação científica.
AL3	ALUNO 3	Masculino	24 anos, não leciona.
AL4	ALUNO 4	Masculino	23 anos, trabalha em empresa pública e leciona em projeto de divulgação da astronomia.
AL5	ALUNO 5	Masculino	Abandonou a disciplina.
AL6	ALUNO 6	Feminino	27 anos, não leciona.
AL7	ALUNO 7	Feminino	22 anos, não leciona; possui bolsa de iniciação científica.
AL8	ALUNO 8	Masculino	23 anos, é professor.
AL9	ALUNO 9	Masculino	30 anos, é professor e trabalha em empresa pública.
AL10	ALUNO 10	Masculino	24 anos, não leciona.
AL11	ALUNO 11	Feminino	21 anos, não leciona.
AL12	ALUNO 12	Masculino	22 anos, não leciona e possui bolsa de iniciação científica.
AL13	ALUNO 13	Masculino	54 anos, é engenheiro e não leciona atualmente.
AL14	ALUNO 14	Masculino	29 anos, é professor; possui bolsa de iniciação científica.
AL15	ALUNO 15	Masculino	22 anos, não leciona.
AL16	ALUNO 16	Masculino	37 anos, é militar e não leciona.
AL17	ALUNO 17	Masculino	35 anos, não leciona.
AL18	ALUNO 18	Masculino	23 anos, é professor de escola pública.
AL19	ALUNO 19	Masculino	24 anos, não leciona.
AL20	ALUNO 20	Feminino	24 anos, não leciona; possui bolsa de iniciação científica.
AL21	ALUNO 21	Masculino	27 anos, leciona em escola técnica.
AL22	ALUNO 22	Masculino	25 anos, não leciona.
AL23	ALUNO 23	Masculino	24 anos, é professor de escola pública.

Nas primeiras aulas da disciplina os estudantes comportavam-se essencialmente como ouvintes, com raras interrupções às explicações do professor. O professor, através de aulas expositivas com auxílio de lâminas, começou o curso falando do indutivismo e das críticas a ele feitas pelas epistemologias contemporâneas. Apresentou, a seguir, o falsacionismo de Karl Popper como uma nova maneira de ver a ciência, entendendo-a como uma atividade tentativa, conjectural e falível, que utiliza a observação não como justificativa, mas como meio de falsear as teorias que são provisórias. Então, o critério de demarcação entre ciência e não-ciência se faz pelo aspecto crítico, sempre tentando refutar as teorias através de testes cruciais. A isso Popper chama de *racionalismo crítico*.

Nesse contexto, surgiram as primeiras perguntas:

AL9(AU1): “Empirismo é o mesmo que indutivismo?”.

AL6(AU1): *“Newton (referindo-se ao físico Isaac Newton) era indutivista?”*.

AL22(AU1): *“As leis (da Física) não são confirmadas?”*.

AL13(AU1): *“Então, a teoria de Popper é um complemento do indutivismo já que está baseada na observação?”*.

Muito mais do que apenas dúvidas essas perguntas expressam a confusão que tomou conta dos estudantes diante das idéias que eram apresentadas e, ao mesmo tempo, uma enorme surpresa que colocava em dúvida suas profundas crenças no empirismo (observação e experimentação como fonte de conhecimento) e no indutivismo (generalização de teorias universais a partir de asserções singulares). O ALUNO 9 pareceu aceitar as idéias de Popper buscando apenas diferenciar o empirismo do indutivismo, enquanto os demais parecem confirmar as suspeitas levantadas acima.

Em função dessa mesma surpresa surgiu a seguinte pergunta:

AL2(AU1): *“Por que esta cadeira é dada somente agora, e não no início do curso?”*.

Voltaremos a essa questão no decorrer deste estudo, embora, *“a priori”*, o principal argumento, apresentado pelo ALUNO 9, dissesse respeito à *“questão da maturidade”*, ou seja, ele entendia que estudantes em início de graduação não estariam preparados para compreender a ciência como uma atividade conjetural, hipotética e provisória sem entrar em choque com as disciplinas de Física Geral. De qualquer forma, o ALUNO 2 manifestou não apenas que aceitava as novas visões da natureza da ciência, como também sua inconformidade com o fato de somente agora entrar em contato com elas.

Para o falsacionista ingênuo, salientou o professor, é suficiente que alguns dados empíricos contrariem a teoria para poder derrubá-la. Entretanto, chamou atenção para duas críticas que se aplicam tanto ao indutivismo quanto ao falsacionismo: 1) podemos ter muitas leis compatíveis com o mesmo conjunto de dados observacionais; e, 2) toda experimentação também é falível. O professor fez a seguinte analogia: *“é muito comum os alunos de Física irem ao laboratório e*

buscarem construir uma reta a partir de um dado conjunto de pontos. Isso é muito prático e fácil de tratar, mas não é a única possibilidade” e “o que está errado é o professor transmitir essa idéia a seus alunos”.

AL13(AU1): *“Talvez a teoria pré-existente na cabeça do experimentador (no caso o aluno) justifique a busca pela reta”.*

A afirmação do ALUNO 13 indicou uma correta apreensão das idéias de Popper no que diz respeito à teoria preceder a observação, mas deixou dúvidas quanto à crença em leis e teorias fixas e imutáveis, ou seja, seu entendimento em relação à natureza provisória do conhecimento científico. Algo como: a reta é inquestionável, ela apareceria de qualquer forma, pois é uma “revelação” da natureza. A teoria pré-existente na cabeça do pesquisador faz com que ele chegue a ela mais rapidamente.

Na aula seguinte o professor provocou a turma com a seguinte pergunta: *“As leis da Física estavam escondidas esperando que alguém as descobrisse?”* A discussão que se estabeleceu na sala de aula, de onde surgiram respostas como: *“foram criadas”*; *“vêm das hipóteses, tentativas do homem de entender a natureza”*; *“o homem vai inventando métodos de perceber”*; *“inventa as leis”*, mostrou que começavam a aparecer idéias mais adequadas da natureza da ciência, pelo menos por parte daqueles estudantes que se manifestavam verbalmente, um pequeno número apenas.

Ao mesmo tempo apareceram questões mais fundamentais sobre a natureza da ciência, como por exemplo: *“Meteorologia e Matemática são ciências?”*; *“O que é ciência?”*; *“Qual das ciências tem mais “status”?”*; *“O ensino de Física não pode ser considerado ciência?”*. O professor procurou esclarecer que não se trata de uma questão trivial poder afirmar que uma área de conhecimento é, ou não, ciência, pois existem vários ‘critérios de demarcação’ entre ciência e não-ciência. *“Por Popper, a Matemática não é uma ciência porque não utiliza a experimentação, mas por outros critérios talvez seja”*. As intervenções de alguns alunos acabaram direcionando o foco da discussão para a situação atual das universidades públicas do país, a qualidade

do ensino e da pesquisa que elas produzem e o paradoxo enfrentado pelos professores universitários entre fazer pesquisa e dar aula.

Esses assuntos pareceram interessar muito aos estudantes, talvez porque tivessem relação com o futuro profissional de muitos daquele grupo ou, talvez, porque eles percebessem esse paradoxo em seus próprios professores dentro da universidade, não sabíamos esclarecer isso ainda.

Todavia, essa discussão, que tomou boa parte daquela aula, deixou-nos com a nítida sensação de que os estudantes estavam preocupados muito mais em aprender uma forma de ensinar essas novas idéias sobre a natureza da ciência a seus alunos e não exatamente em questionar suas próprias visões.

Ao retomar o assunto de aula o professor fez uma revisão das principais idéias de Popper, momento em que apareceu a seguinte pergunta:

AL13(AU2): *“É correto afirmar que a Teoria Quântica é mais falseável?”.*

Essa pergunta, entendemos, evidenciou dois aspectos: 1) a crença profunda do ALUNO 13 no empirismo, ou seja, aquilo que não conseguimos ver e experienciar diretamente tem maior chance de ser falseado, ou, em outras palavras, conhecimento seguro deriva da experimentação direta, o que é uma concepção absolutamente empirista. Embora o ALUNO 13 demonstrasse enorme interesse e abertura às novas idéias, com freqüência deixava aflorar crenças profundamente enraizadas; 2) um entendimento ainda equivocado do falsacionismo de Popper, pois na verdade uma teoria mais falseável não é aquela que tem maior chance de estar errada, mas a que oferece mais e mais oportunidades de ser testada e Mecânica Quântica, sabemos, é de difícil visualização.

No final daquela aula o professor introduziu a epistemologia de Imre Lakatos chamando atenção para as diferenças com relação às idéias de Popper: a ciência avança de forma mais eficaz se as teorias estão estruturadas em “programas de pesquisa” e estes possuem: “núcleo duro” (inatacável), “cinturão protetor” (teorias auxiliares que protegem o núcleo e podem ser refutadas e modificadas), “heurística

positiva” e “heurística negativa” (que orientam as rotas de pesquisa que devem e aquelas que não podem ser seguidas, sob pena de refutar o núcleo duro do próprio programa). As teorias são conjecturas, mas deve haver um Programa de Pesquisa que oriente o fazer científico.

O professor utilizou dois exemplos históricos importantes ao responder algumas dúvidas relativas a epistemologia de Lakatos: 1) a Teoria de Ptolomeu (geocentrismo), que foi substituída pela de Copérnico (heliocentrismo) quando a primeira deixou de apresentar resultados (entrou em fase recessiva) cedendo espaço para o surgimento de um novo Programa de Pesquisa, sendo que na fase inicial os dois “paradigmas” (conceito cunhado por Kuhn) competiam; 2) a Teoria Clássica, cujas Três Leis de Newton e a Lei da Conservação da Quantidade de Movimento constituem o núcleo duro, que *“não jogamos fora, mas olhamos para seus limites de validade”*. Ou seja, falseamos teorias do cinturão protetor, mas nunca o núcleo duro, quando acreditamos em um programa de pesquisa.

O professor chamou atenção também para o fato de que é preciso ir acrescentando novos significados às palavras à medida que o conhecimento evolui. Centrou-se na palavra “falso” que tem um significado pejorativo no cotidiano, mas assume um significado novo no falsacionismo (de Popper e Lakatos) aonde uma teoria mais falseável é melhor. O significado depende do contexto, e no dizer do professor: *“o significado está nas pessoas e não nas palavras”*. Isso também ocorre com os conceitos físicos que vão se modificando e se tornando mais abrangentes com o tempo e com o avanço da própria ciência.

O professor encerrou a aula perguntando se havia dúvidas ou dificuldades. Não houve respostas. O silêncio pareceu significar, não a ausência de dúvidas, mas a necessidade de mais tempo para assimilar as novas idéias.

Pudemos confirmar isso durante uma conversa informal que antecedeu a aula seguinte, por conta de um atraso devido à mudança de prédio. Pelas falas, as epistemologias de Popper e de Lakatos pareceram ainda muito confusas nas mentes

dos estudantes e alguns estavam com a impressão de que Lakatos havia se apropriado das idéias de Popper.

Isso nos levou à seguinte reflexão: na informalidade os alunos são mais espontâneos; a sala de aula parece ser, realmente, um espaço de tensões, como teorizou o filósofo Michel Foucault (1926-1981), aonde a microfísica do poder se faz presente inibindo, muitas vezes, os estudantes de manifestar suas idéias e até mesmo suas dúvidas.

Não fosse nossa conversa fora da sala de aula não saberíamos dessas dificuldades, sutilezas que não foram percebidas em sala de aula, nem por nós e nem pelo professor, como constatamos em conversa posterior.

O foco das falas dos estudantes havia girado, de forma implícita, em torno da observação. Afinal, aonde colocar a observação, antes ou depois da teoria? Abrir mão de uma crença tão segura, de que toda a Física havia sido construída sobre sólidas bases exatamente porque estava assentada na observação dos fatos e, de repente, colocar a teoria antes da observação implicaria ter de admitir as teorias como sendo construções da mente humana. Mas isso seria algo tão inusitado que pareceria colocar abaixo, momentaneamente, toda a Física. Ao mesmo tempo, os argumentos, fortes e precisos, de Popper e Lakatos faziam sentido. E agora? *“Tudo gira em torno da observação”* disse o ALUNO 13, o problema era aonde colocá-la.

No início da terceira aula o professor falou da criação, para aquela disciplina, de um ambiente de ensino a distância (TelEduc), aonde seriam colocados materiais de apoio (textos, lâminas, materiais usados pelo professor, trabalhos produzidos pelos alunos, etc.) e pediu para que todos se inscrevessem a fim de obterem senha de acesso.

Nesse dia foi também apresentado e amplamente exemplificado um novo instrumento heurístico – o mapa conceitual – que passaria a ser utilizado nos trabalhos de grupo. Mapas conceituais não são fluxogramas, nem organogramas, são diagramas que expressam relações entre conceitos e devem, de alguma forma, refletir as hierarquias entre os conceitos de algum assunto, ou de uma matéria de

ensino. Podem ser construídos em qualquer área do conhecimento (Física, Química, Biologia, etc.) e por estudantes de qualquer idade (desde as primeiras séries até a pós-graduação).

Ao apresentar dois exemplos de mapas conceituais elaborados por um mesmo aluno, antes e depois de ter estudado o *'modelo padrão da Física'*, estabeleceu-se o seguinte diálogo:

AL9(AU3): *"Entre o mapa anterior (forças) e o atual (interações) o que está errado?"*.

Professor: *"Não está errado, apenas mostra que a visão atual daquele aluno é mais adequada ao modelo padrão"*.

AL13(AU3): *"Apesar de existir ênfase a pessoa constrói um mapa usando sua própria subjetividade"*.

Professor: *"O professor vai optar por um mapa mais completo ou mais particularizado, dependendo do enfoque que ele está dando à aula. O mapa sempre expressa uma intencionalidade, nunca está completo. Um mapa conceitual tem de ser explicado porque quando teu aluno explica é que tu vês se ele está captando a matéria"*.

Esse diálogo colocou em evidência as características mais essenciais dos mapas conceituais: são visões específicas e devem ser explicados, pois expressam o entendimento individual do assunto naquele momento.

Naquela aula os alunos pareceram estar "mais à vontade", fizeram pequenas intervenções durante a apresentação do grande número de exemplos de diferentes mapas conceituais e riram dos comentários dos colegas e do professor.

A permissão de envolvimento dos alunos (perguntas, respostas, opiniões e comentários) sempre recebidos de forma agradável pelo professor, pareceu ser realmente *"variável positiva de sala de aula"* como afirmam Lederman e Druger (1985) no sentido de facilitar a aprendizagem e melhorar o ambiente de sala de aula.

Ao encerrar as explicações o professor perguntou se havia dúvidas e, novamente, não houve respostas.

Foi solicitado, então, que os alunos se reunissem em grupos com, no máximo, 4 componentes e elaborassem o mapa conceitual da filosofia de Popper, de posse de um texto de apoio sobre o assunto e cujo conteúdo deveria ter sido lido pelos alunos fora da sala de aula. Alguns alunos simplesmente giraram suas cadeiras e, rapidamente, compuseram os três primeiros grupos juntando-se com os colegas mais próximos. Outros, no entanto, hesitaram e só depois de algum tempo juntaram-se a grupos já formados fazendo crer que não lhes era habitual, e talvez, nem mesmo agradável executar tarefas de grupo.

Formaram-se seis (6) grupos. Tivemos a oportunidade de interagir com todos. Observamos que a dinâmica de cada um era muito diferente. O grupo do ALUNO 9 pareceu ter dificuldades em identificar os conceitos principais da filosofia de Popper, demonstrando não ter ainda dominado completamente as novas idéias. O grupo do ALUNO 13 pareceu estar preocupado em expressar os conceitos formalmente buscando-os meticulosamente no texto de apoio, havia também uma visível preocupação em demonstrar erudição, por parte de alguns, mas o mapa foi rapidamente esboçado. O grupo do ALUNO 19 pareceu bastante confuso e confessaram não ter lido o texto de apoio. O grupo do ALUNO 6 teve a participação de um aluno ouvinte, estudante de pós-doutorado, e estava mergulhado em discussões mais profundas. Os outros dois grupos permaneceram em discussões diversas, ora as idéias de Popper, ora perdiam o foco de discussão e não chegaram a começar o mapa. No final da aula o professor solicitou que terminassem a construção dos mapas em casa para que fossem apresentados na aula seguinte.

De maneira geral, os estudantes ao final daquela aula pareciam estar tomados de choque. Talvez não esperassem que lhes fosse solicitada uma tarefa prática. Muito provavelmente esperassem que o professor seguisse apresentando a filosofia de Kuhn que compunha o bloco de três epistemólogos no material de apoio que lhes havia sido entregue.

Abrimos a quarta aula, pois o professor participava de uma reunião no Instituto de Física. Somente três alunos se fizeram presentes. Depois de considerável atraso e de explicações como “*o pessoal deve estar terminando os mapas*” e de algumas controvérsias sobre ligar/manter desligado o ar condicionado da sala de aula, alunos e professor chegaram e os grupos se formaram, em geral, nos mesmos lugares ocupados na aula anterior.

Esses pequenos episódios pareceram deixar evidente que se haviam estabelecido micro-relações de poder (hierarquia x obediência) na sala de aula. Mas essa hierarquia existia entre professor e estudantes, exclusivamente, sendo que outros personagens eram considerados, “*a priori*”, elementos estranhos, como no nosso caso.

Nos minutos iniciais da aula tivemos novamente oportunidade de conversar com todos os grupos, pedimos para ver os mapas e fizemos algumas sugestões de melhorias. Ainda que, na maioria dos casos, não tenham sido aceitas, pudemos ouvir opiniões como a que segue:

AL4(AU4): “*Não concordo com o falsacionismo de Popper, pois ao se tentar falsear uma teoria com um experimento crucial pode ser que o teste esteja errado e não a teoria*”.

Concordamos e pudemos constatar que havia estudantes que pareciam ter uma concepção adequada da natureza da ciência e uma postura crítica em relação às idéias de Popper.

Em geral, o clima nesse dia foi de ansiedade. Como já mencionamos, provavelmente atividades de grupo e a necessidade de apresentação oral dos mapas, sob o argumento do professor de que “*vocês serão professores e precisam aprender a apresentar trabalhos e seminários*”, diferiam em muito das aulas tradicionais recebidas durante quase toda a graduação em Física (a maioria dos estudantes cursava seu último ano de universidade).

Meia hora depois do início da aula o professor pediu para que começassem as apresentações.

O primeiro grupo: ALUNO 4, ALUNO 18, ALUNO 20 e ALUNO 23, apresentou o mapa conceitual mostrado na Figura 5.1, abaixo.

A explicação, dada pelo ALUNO 18, foi breve e reproduzimos parte dela.

AL18(AU4): "... conjecturas e refutações" estão no centro do mapa, pois foram entendidas como conceitos fundamentais. Elas levam ao "Racionalismo Crítico". Para Popper, todas as teorias são conjecturas e ele usa o falsacionismo como "critério de demarcação" entre ciência e não-ciência. Essa teoria nega o "indutivismo..."



Figura 5.1 – Mapa Conceitual da Filosofia de Popper, elaborado por: ALUNO 4, ALUNO 18, ALUNO 20 e ALUNO 23.

Terminada a apresentação o professor pediu que os colegas fizessem comentários e críticas.

AL2(AU4): "Acho que "conjecturas e refutações" é o mesmo que "racionalismo crítico"".

AL13(AU4): "Faltou a "teoria do balde" e a "teoria do holofote" ".

AL4(AU4): *“A idéia não foi transmitir toda a teoria do Popper, mas a idéia principal é dizer o nosso modo de pensar a teoria e não carregar demais o mapa. Na aula passada nossa idéia sobre o mapa era completamente, diferente mostrando que o mapa conceitual expressa o entendimento do momento, pode ser que daqui a dois anos nosso mapa venha a ser totalmente diferente”.*

Percebe-se pelo exame do mapa conceitual e da explicação que as idéias não estavam maduras. Os principais conceitos da epistemologia de Popper haviam sido captados, mas não foram relacionados adequadamente, não houve conectivos significativos entre eles e nem mesmo a explicação contribuiu para suprir essas lacunas.

O grupo seguinte: ALUNO 2, ALUNO 11, ALUNO 13 e ALUNO 14 destacou entre os conceitos principais a *“teoria do balde”* e a *“teoria do holofote”*. Sobre tais conceitos o professor afirmou: *“acho que a epistemologia de Popper poderia viver bem sem eles”.*

Reproduzimos abaixo, parte do diálogo que se seguiu, pois entendemos que foi relevante para esclarecer alguns aspectos associados à natureza das explicações científicas:

AL17(AU4): *“O acúmulo de informação não leva ao conhecimento? Kepler não fez isso?”.*

Professor: *“Não há problema nisso, fazer muitas observações, coletar muitas informações e daí transformá-las em conhecimento. Conhecimento somente pode ser obtido criticamente. Informação e conhecimento não são a mesma coisa. Usando dados podemos fazer conjecturas. Dados são frágeis e, além disso, é possível ter-se mais de uma teoria para o mesmo conjunto de dados”.*

AL2(AU4): *“Essa idéia inverte a ordem do indutivismo, muitas vezes a teoria vem da cabeça”.*

Entendemos pertinentes aqui algumas reflexões. A percepção da natureza da ciência quando não ocorre de forma explícita é muito sutil e a utilização de elementos históricos precisa ser bem pensada, pois se em alguns casos enriquece e auxilia a compreensão, em outros pode parecer confirmar a lógica indutivista. E como afirma

Ausubel (1978), o *conhecimento prévio* do aluno é persistente e muito provavelmente no diálogo acima o ALUNO 17 procurava elementos para confirmar suas crenças positivistas, o que representaria uma situação mais confortável do que ter de fazer a mudança conceitual. Assim, a esperança de que o aluno possa aprender a natureza da ciência implicitamente parece, em princípio, impossível. É na “*instrução explícita*”, concordamos com Lederman et. al. (1998), que os estudantes têm a melhor chance de melhorar seu entendimento em favor de uma compreensão mais contemporânea da natureza da ciência.

De outra parte, sem a intervenção do professor às vezes os estudantes se envolvem demasiadamente em conceitos secundários. “Teoria do balde” e “teoria do holofote” foram conceitos retirados do texto de apoio utilizado nesse tópico, de Fernando Lang da Silveira (1996). O que está por trás da “teoria do holofote” é a idéia de que a teoria antecede a observação (iluminando-a como um holofote). Quanto à “teoria do balde” deve ser entendida como acumulação de conhecimento (rechaçada por Popper). Ambas são absolutamente pertinentes à epistemologia de Popper, mas seu sentido pode muito bem ser captado entendendo-se que o processo de construção do conhecimento científico é uma seqüência de “conjecturas” (construção de hipóteses) e “refutações” (tentativas de falsear as hipóteses através de testes empíricos). Mais uma vez, a “instrução explícita” parece ser imprescindível.

O terceiro grupo: ALUNO 6, ALUNO 15, ALUNO 16 e ALUNO 17 apresentou o mapa conceitual apresentado na Figura 5.2.

Este mapa provocou reações na turma que o achou grande e carregado demais.

Antes da apresentação, o professor esclareceu que um mapa conceitual é sempre contextual e por ter o ALUNO 6 já feito uma disciplina de Filosofia da Ciência deu a ele um contexto mais amplo.

O próprio ALUNO 6 fez a apresentação e começou dizendo que:

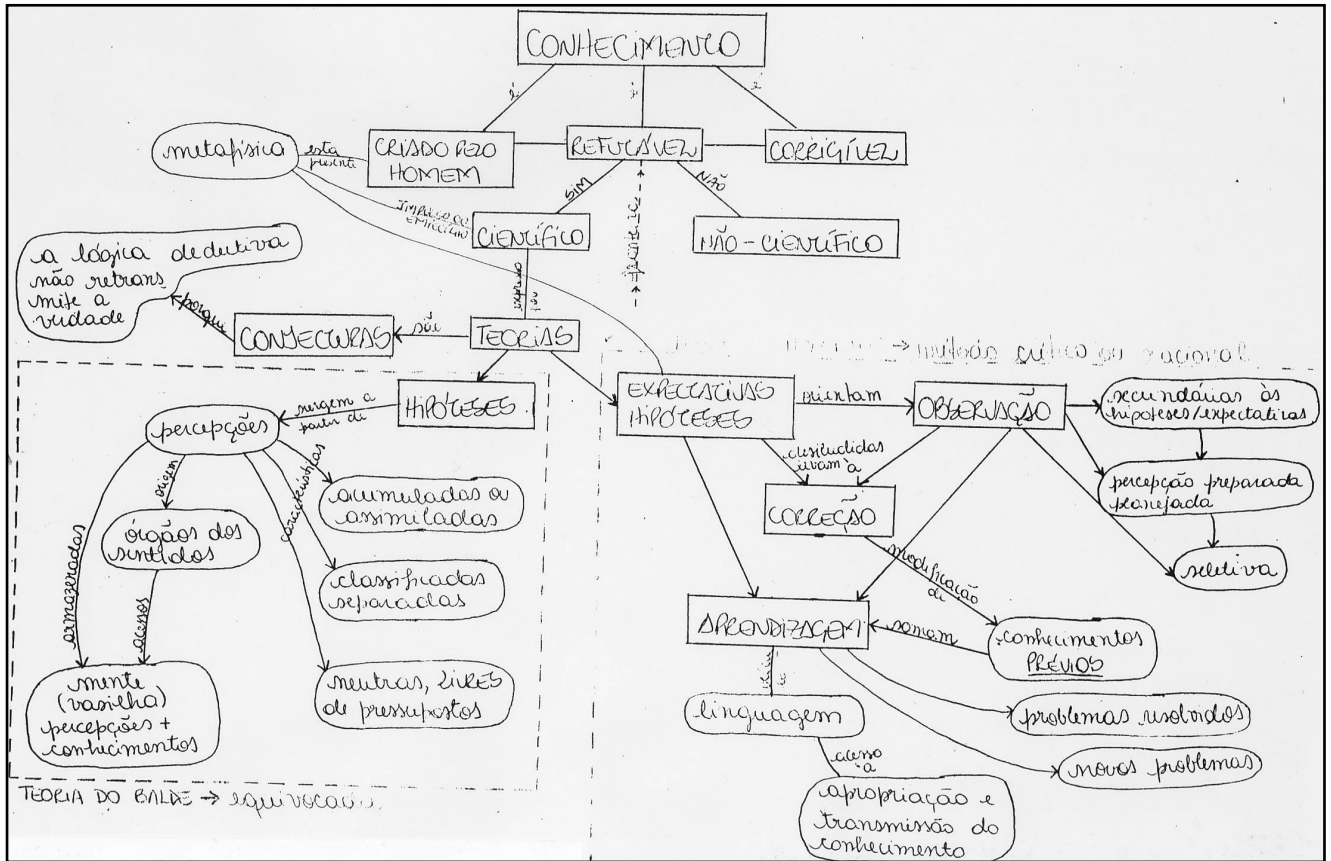


Figura 5.2 – Mapa Conceitual da Filosofia de Popper elaborado por: ALUNO 6, ALUNO 15, ALUNO 16 e ALUNO 17.

AL6(AU4): “O ‘conhecimento’ é o conceito chave. Ele é construído pelo homem, refutável, corrigível e é um produto do meio. O refutável é a fronteira entre ciência e não ciência. O conhecimento científico é expresso através de teorias. Aí o mapa foi dividido em duas partes:” teoria da balde “num quadrado pontilhado (conhecimento é acumulado como numa vasilha e que as percepções são livres de pressupostos); e “teoria do holofote” em outro quadrado pontilhado (as expectativas orientam a observação e observação é seletiva, planejada). As observações podem corrigir os conhecimentos prévios e gerar novos problemas e assim uma nova aprendizagem. Pode-se dizer que o mapa está grande, mas se tentou colocar os conceitos principais e ligar a eles os secundários, vocês acham que está grande, mas nós não achamos...”.

A explicação foi elucidativa e mostrou que o ALUNO 6 estava convicto de seus argumentos. Muito provavelmente seu contato, em disciplina anterior, com a Filosofia da Ciência fornecera-lhe elementos suficientemente fortes para consolidar sua concepção visivelmente aberta da natureza da ciência.

Do exame do mapa pode-se ver que, embora algumas palavras empregadas como conceitos (exemplo: corrigível, refutável, etc.) não sejam propriamente conceitos, isso demonstrou apenas a falta de habilidade na construção de mapas conceituais, que devem expressar a estrutura conceitual e as relações entre os conceitos, mas isso não interferiu na manifestação de uma concepção bastante adequada da natureza da ciência. O conhecimento científico é expresso como uma construção do homem, passível de correção, corrigível, que pode ter contribuições metafísicas. As teorias científicas são, por consequência, hipóteses explicativas que orientam a observação. Deixam claro também que percepções neutras, desprovidas de teoria e acumulação de conhecimento são idéias equivocadas do fazer científico.

Os demais mapas foram apresentados na aula seguinte. Nesse dia fomos procurados pelo ALUNO 21 antes do início da aula. Ele faria a apresentação do mapa do seu grupo (ALUNO 9, ALUNO 10 e ALUNO 21) e nos fez a seguinte afirmação:

AL21(AU5): *“... acho que já esqueci tudo, estou nervoso e inseguro”.*

Isso confirmava nossa suspeita de que aqueles estudantes, em final de graduação, estavam habituados a aulas expositivas tradicionais e que qualquer outra dinâmica os deixava inseguros.

A fala do ALUNO 21 foi, no entanto, bastante objetiva e seguiu-se a ela o seguinte diálogo:

AL22(AU5): *“Porque duas pessoas observando a mesma coisa chegam a conclusões diferentes, então a indução não existe!”.*

Professor: *“Existe e é um processo valioso, mas como critério de demarcação é que não é válido. O problema é tentar encontrar leis universais a partir de enunciados particulares; sempre há teorias alternativas que podem ser igualmente válidas”.*

para o mesmo conjunto de enunciados singulares, mas não qualquer teoria. O erro é usá-la (a indução) para demarcar ciência da não-ciência”. (pausa). “Queria deixar claro que você não pode achar que a indução não serve para nada. A abdução, essa sim, é um chute mais ousado”.

AL22(AU5): *“Qual a diferença entre lógica indutiva e lógica dedutiva?”.*

Professor: *“Lógica dedutiva tem um ponto de partida, por exemplo, os postulados na Matemática, e a partir daí deduz-se algo – mas os postulados não são questionados. Na lógica indutiva fazem-se muitas observações e daí induz-se que se um enunciado é válido para os casos singulares, então vale sempre. Por indução se consegue chegar a boas afirmações”.*

O diálogo pareceu-nos auto-explicativo com relação à validade e limites da indução. Segundo Feyerabend (1975), não poderíamos acreditar nem mesmo que o sol nascerá amanhã se não usássemos a indução na vida cotidiana e também na ciência. Não devemos, entretanto, ser suficientemente ingênuos para acreditar que muitas observações, em muitas situações diferentes legitimam os “saltos” das asserções singulares para enunciados universais como se esse fosse o método legítimo para construir teorias científicas, verdadeiras e imutáveis e, como se nossa mente estivesse totalmente desprovida de teoria. De qualquer forma, o tom algo provocativo do ALUNO 22 soou mais como a defesa de uma crença inequívoca na validade e legitimidade da indução como método científico do que como questionamento em si do processo de indução.

O grupo seguinte formado por: ALUNO1, ALUNO 3, ALUNO 7 e ALUNO 12 teve um andamento normal e encerrou as apresentações.

O professor utilizou boa parte daquela aula para fazer uma leitura comentada de texto extraído da Enciclopédia Britânica com as definições de vários “ismos”: realismo, idealismo, indutivismo, positivismo, etc.

Reproduzimos a abaixo parte de uma explicação do professor:

Professor: *“... o debate realismo x idealismo é muito antigo e está na base da visão de mundo. Esse debate permeia a questão da aprendizagem, pois na escola, por*

exemplo, a realidade existe enquanto os atores estão lá (realidade construída). Todas as ciências sociais são permeadas pela realidade subjetiva. Elas rejeitam a metodologia de Popper. Vocês irão ensinar Física e acreditam que existe uma realidade objetiva, mas ao mesmo tempo não podem deixar de pensar que nas áreas humanas a realidade é diferente. Vocês vão ser educadores e terão que voltar a essas questões muitas vezes”.

Permitimo-nos aqui algumas reflexões: somos o resultado da superposição das nossas múltiplas realidades: a família, a escola, o trabalho, o lazer, etc., então porque a escola, que é uma realidade tão subjetiva quanto a família, é alvo permanente de ataques e questionamentos? Talvez porque a escola, mais do que qualquer outra realidade social nos coloque diante de situações de insegurança: nos mostre o novo, o desconhecido. A aquisição do conhecimento é então um processo capaz de nos retirar do estado de equilíbrio, como teorizou Piaget (1970), e nos colocar em situação de conflito. Se isto para alguns exerce fascínio, para outros talvez seja assustador. Ou seria porque a escola nos tolha o livre arbítrio para aprendermos o que nos interessa e, adicionalmente nos force a seguir um conjunto de regras disciplinares? Por outro lado, qual seria então a melhor forma de nos “enculturarmos”, no dizer de Toulmin (1977), a fim de adquirirmos o conjunto de conceitos e metáforas que nos permita compreender e viver no mundo de hoje?

Esse tema gerou um prolongado debate sobre a existência, ou não, da realidade independente da nossa percepção. Não dá para esquecer que estamos observando um grupo de estudantes de Física para quem a existência da realidade objetiva está fora de discussão. Por esse motivo não causaram estranheza perguntas e afirmações como as que se seguem:

AL4(AU5): *“De que maneira esta cadeira existe se nada existe fora da mente?” (A pergunta foi feita tomando nas mãos uma cadeira da sala de aula).*

AL22(AU5): *“A afirmação de que a verdade absoluta não existe, de onde vem isso? Não é uma ilusão? Até concordo, verdade absoluta não existe, mas de aonde alguém tirou isso?”.*

AL14(AU5): *“Por que não pode a mente chegar nela?”.*

AL22(AU5): *“Como posso dizer que ela existe (referindo-se à cadeira) sem a nossa percepção?”.*

O professor encerrou a seqüência de intervenções dizendo que a realidade objetiva existe, mas que o homem não pode captá-la diretamente. A mente humana representa o mundo. Foi possível perceber, entretanto, que os ALUNOS 22 e ALUNO 14 estavam convictos de que a verdade absoluta existe exatamente porque está conectada à realidade objetiva, uma crença tipicamente positivista.

O restante da aula foi dedicado à introdução da epistemologia de Thomas Kuhn. O professor utilizou amplamente a História da Física para exemplificar e esclarecer conceitos como “ciência normal”, “revolução científica”, “paradigma” e “incomensurabilidade”.

Nesse contexto, quando o professor explicava a “revolução científica” utilizando o exemplo da Mecânica Relativística, como novo paradigma, nova maneira de ver o mundo, aonde tempo e espaço deixam de ser absolutos, em contraposição à Mecânica Clássica (aonde essas grandezas são tomadas como absolutas) surgiu a seguinte pergunta:

AL14(AU5): *“A Mecânica Clássica não seria um caso particular da Mecânica Relativística?”.*

Essa pergunta revela, entendemos, o quanto o ensino da graduação de Física privilegia o formalismo inibindo, muitas vezes, a compreensão dos conceitos subjacentes. A assunção bastante simplista, de que $v \ll c$ (ou seja, que as velocidades cotidianas são muito menores do que a velocidade da luz) que faz com que o “Fator de Lorentz”, que aparece em todas as expressões relativísticas, se torne igual a um, equivale, matematicamente, a dizer exatamente o que está implícito na pergunta do ALUNO 14, ou seja, que para pequenas velocidades os resultados da Mecânica Relativística coincidem com os da Mecânica Clássica. Mas, de forma alguma dá conta das implicações conceituais que as idéias de Einstein trouxeram e o grande impulso que elas geraram para a Física no início do século XX. No contexto

da Relatividade estamos vendo o mundo com novos supostos teóricos, novas leis, novas técnicas, enfim, novo “paradigma”, segundo Kuhn. Nas palavras do professor *“você teria que aceitar que espaço e tempo são ao mesmo tempo absolutos (Mecânica Clássica) e não-absolutos (Relatividade)”*. Isso mostra como, pelo menos parte dos graduandos, saem da Universidade sem entender corretamente a Relatividade. Então o que se pode esperar dos alunos de nível médio?

O professor retomou a Teoria de Kuhn explicando sua enorme influência no ensino, pois nela *o “papel do professor é gerar insatisfação, propor nova explicação que seja inteligível, plausível e frutífera, como sugere Kuhn, para que o aluno mude de paradigma...”* e encerrou a aula dizendo que *“em filosofia é muito importante aprender a ver uma mesma questão de diferentes ângulos e ir construindo suas próprias crenças”* na tentativa de justificar a importância de se estudar as diferentes visões epistemológicas.

Na aula seguinte, a sexta do semestre, o professor entregou um plano de tarefas e pediu para que se formassem duplas para a elaboração de monografia e apresentação de um seminário sobre um período da História da Física. O professor apresentou doze tópicos e sugeriu que as duplas negociassem entre si os assuntos de maior interesse e explicou que as monografias *“deverão conter a Física da época escolhida”*.

Houve algumas disputas. Várias duplas escolheram a “Física de Galileu” e não houve negociação. O professor precisou intervir.

A liberdade de escolha oferecida pelo professor pareceu não ter sido amplamente aproveitada. Mas tratava-se de um problema pontual, pois na verdade, o clima naquela turma era, em geral, de muita cordialidade. Brincadeiras eram permitidas e críticas recebidas, aparentemente, sem ressentimentos. As relações de amizade e de coleguismo eram evidentes, resultado de vários anos de convivência. Fizemos questão de “checar” isso com o próprio grupo, em conversa fora da sala de aula, e constatamos que a maioria dos vinte e três estudantes que efetivamente cursavam a disciplina História e Epistemologia da Física naquele semestre tinha

ingressado junto na Universidade e pretendiam formar-se juntos, no final do semestre seguinte. Havia, como em todas as relações sociais, alguns líderes naturais e arriscávamos dizer até, formadores de opinião. Porém, isso parecia compensado pela enorme prestatividade desses mesmos líderes, de tal forma que sempre era possível garantir uma convivência pacífica e equilibrada. A esse respeito, parecia haver um acordo tácito e até mesmo inconsciente.

Decorrido algum tempo, quando a normalidade se restabeleceu o professor passou a ler a lista com o nome das duplas e o tópico escolhido para a elaboração da tarefa, bem como a ordem das apresentações. O tópico “A Física de Tudo” ficou reservado para um aluno ausente naquela aula.

Um grupo retardatário (ALUNO 5, ALUNO 8, ALUNO 19, ALUNO 22) apresentou o mapa da epistemologia de Popper pois não tinham chegado a um consenso na aula anterior.

O professor fez uma rápida revisão das idéias de Lakatos e de Kuhn, destacando as diferenças destas em relação a Popper e pediu para que os grupos se reunissem novamente para a construção do mapa conceitual da Epistemologia de Lakatos, não antes de perguntar se havia dúvidas. A resposta foi o silêncio.

Quatro dos grupos que se formaram naquele dia eram os mesmos das aulas anteriores. Os outros dois decidiram fazer trocas de componentes. O ALUNO 9 justificou as trocas dizendo que o objetivo era acolher o colega que esteve ausente na aula anterior e que *“foi prejudicado na escolha do tema da monografia”*.

Devido ao adiantado da hora só tivemos oportunidade de interagir com alguns grupos e observamos que rapidamente os mapas conceituais foram esboçados. Pareciam mais confiantes na construção de mapas conceituais ou, sentiam-se mais confortáveis com relação às idéias de Lakatos.

Nas nossas conversas com os grupos apareceram perguntas como:

AL21(AU6): *“Qual o critério de demarcação para Lakatos?”*

AL20(AU 6): *“Programas de Investigação podem ser refutados?”*

AL5(AU6): *“O que é heurística positiva e heurística negativa?”.*

Essas perguntas seguidas dos comentários do próprio grupo as nossas respostas demonstraram a tendência que eles tinham de tentar encontrar, na filosofia de Lakatos, conceitos equivalentes aos da filosofia de Popper. Ficamos com a impressão de que de nada valeram nossas explicações porque não houve avanços na construção dos mapas, principalmente no grupo do ALUNO 5.

O grupo do ALUNO 2 detinha-se na questão das hipóteses *ad hoc* definindo-as como *“hipótese não testável e que procura explicar alguma anomalia sem acrescentar nada de novo à teoria”*. A explicação precisa do ALUNO 2 deixou-nos na dúvida sobre nosso próprio entendimento das hipóteses *ad hoc*. Debatesmos esse assunto com o professor, após a aula e, tivemos oportunidade de reconhecer nosso equívoco na aula seguinte. Havíamos confundido com hipóteses auxiliares.

Esse episódio nos levou à compreensão de que embora grande parte daquele grupo de estudantes tivesse visões equivocadas da natureza da ciência e do processo de construção e evolução das teorias científicas alguns estudantes manifestavam concepções adequadas e críticas consistentes relativamente às visões epistemológicas contemporâneas apresentadas. O ALUNO 2 era um desses exemplos que foi se revelando com o tempo.

Na aula seguinte, não foi necessário estimular as apresentações dos mapas conceituais da filosofia de Lakatos. Já no início da aula os grupos começaram a se preparar e imediatamente passaram às apresentações.

Ao longo dessas destacamos as seguintes intervenções:

AL2(AU7): *“Cinturão protetor deveria ficar (referindo-se ao mapa do primeiro grupo) perto de heurística negativa”.*

AL4(AU7): *“Dependendo da heurística adotada, pode levar a um programa progressivo ou regressivo”.*

AL6(AU7): *“Tanto a heurística positiva quanto a negativa estão ligadas ao núcleo, pois o “protege”. Qual a função do cinturão protetor? Não é proteger o núcleo?”*

AL2(AU7): *“A heurística negativa proíbe que o núcleo seja falseado.”*

AL22(AU7): *“Entendi que a heurística positiva permite modificações do cinturão protetor de teorias e a heurística negativa proíbe algumas mudanças.”*

AL2(AU7): *“Quem protege quem?”*.

Essas falas exemplificam as dúvidas mais freqüentes que apareceram durante as apresentações dos mapas conceituais da filosofia de Lakatos. Em geral, estavam associadas à “heurística positiva” e “heurística negativa”, conceitos que permaneciam confusos. O professor incentivou a discussão, num primeiro momento, e depois procurou esclarecer as dúvidas. Fizemos também uma intervenção durante a apresentação do quinto mapa para dizer que: *“heurística negativa está inerentemente ligada aos programas de pesquisa. Ela indica as rotas que não devem ser seguidas para se fazer pesquisa dentro do programa, pois ao segui-las levariam ao falseamento do núcleo firme do próprio programa”*.

Ao final das apresentações ficamos com a impressão de que tais conceitos não tinham sido corretamente assimilados por boa parte da turma, a despeito dos prolongados debates.

De qualquer forma, as repetidas apresentações e explicações dos mapas conceituais (eram seis grupos) favoreciam novas discussões e as dúvidas iam sendo esclarecidas. O resultado final era sempre uma pequena melhora na compreensão das idéias.

As duas versões, visualizadas abaixo, do mapa conceitual elaborado pelo mesmo grupo, antes e após as discussões de sala de aula ocorridas ao longo das apresentações, tem o objetivo de mostrar esses ganhos. A primeira versão foi utilizada pelo grupo na apresentação em sala de aula. A segunda versão foi entregue ao professor após o término de todas as apresentações.

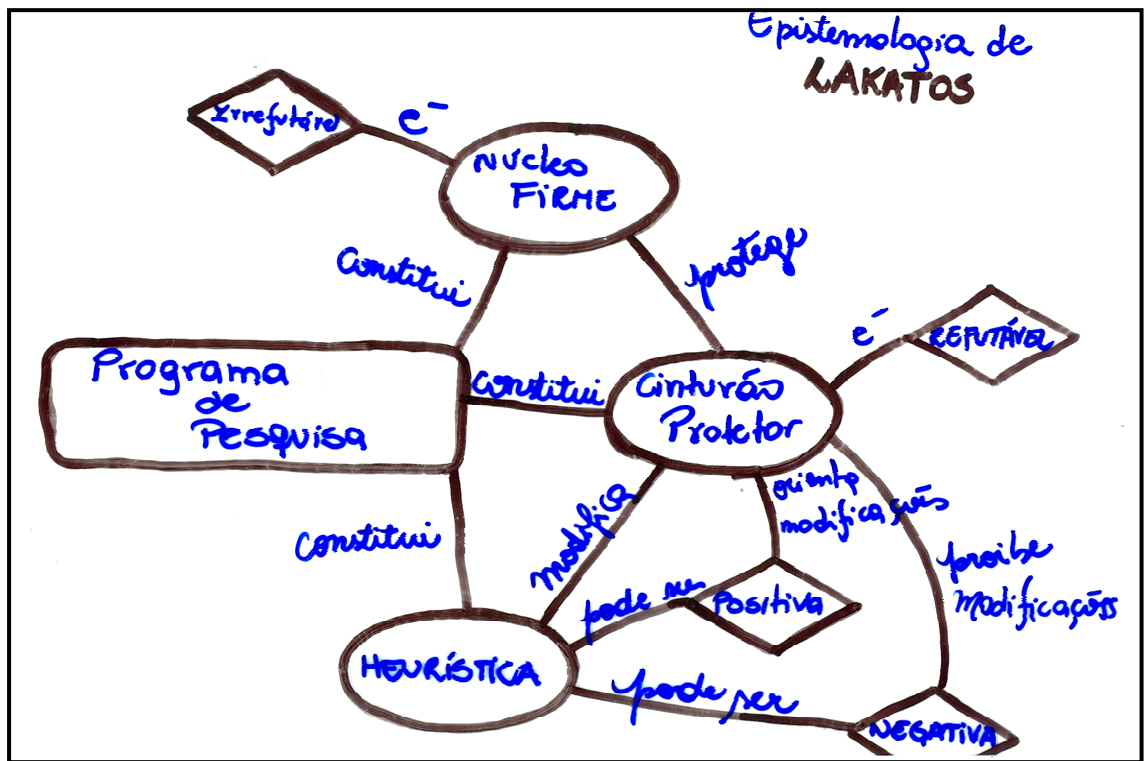


Figura 5.3 – 1ª versão do mapa conceitual da filosofia de Lakatos, apresentado por: ALUNO 8, ALUNO 20, ALUNO 22, ALUNO 23 – antes das discussões de sala de aula.

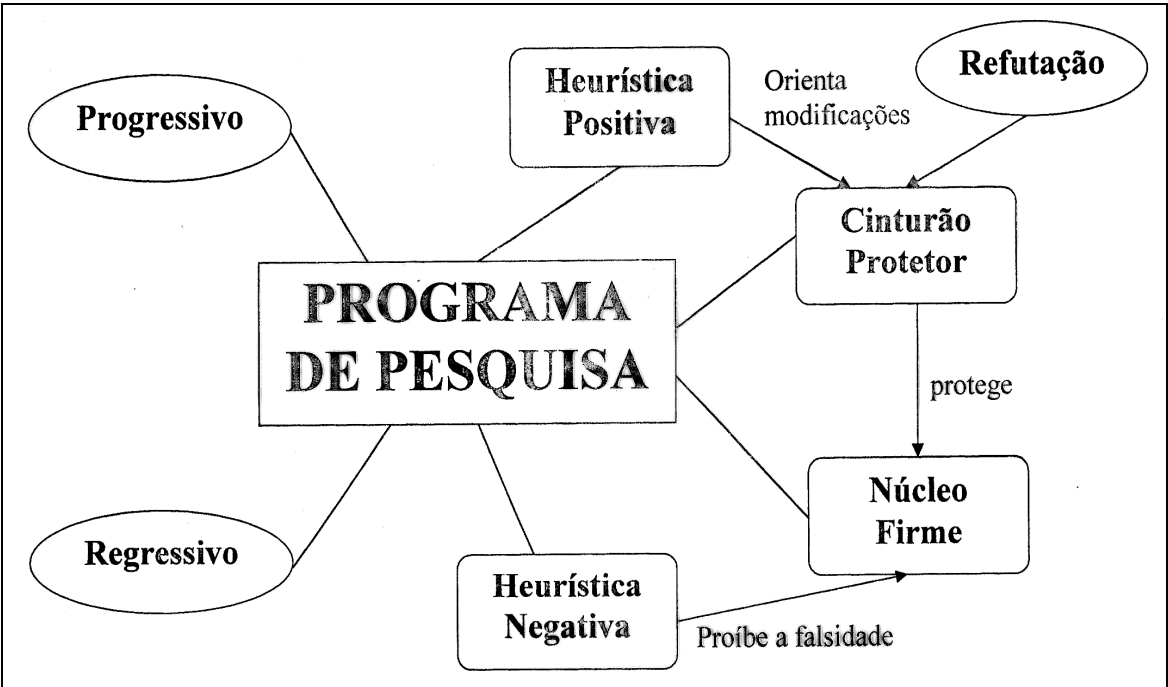


Figura 5.4 – 2ª versão do mapa conceitual da filosofia de Lakatos, re-elaborado por: ALUNO 8, ALUNO 20, ALUNO 22, ALUNO 23 - após as discussões de sala de aula.

Pode-se perceber, a partir do exame dos dois mapas, que houve uma melhora significativa na articulação das idéias. Na segunda versão “programa de pesquisa” aparece em destaque, como conceito principal, e os demais conceitos dão uma idéia das características gerais que um programa deve ter, segundo Lakatos, e de como esses conceitos se relacionam.

A discussão de sala de aula é um instrumento valioso, mas um tanto limitado porque por mais esforços que o professor desenvolvesse incentivando-as, sempre que oportuno, ele não conseguia fazer com que todos participassem. Uma parte da turma permanecia sistematicamente silenciosa e nada se podia afirmar nem sobre suas concepções, nem a respeito das mudanças que iam ocorrendo.

Ao final daquela sétima aula o professor repassou as idéias de Popper, Lakatos e Kuhn. A respeito da filosofia de Kuhn destacou que “[...] quando um paradigma entra numa fase regressiva, surgem revoluções científicas. O progresso da ciência tem, para Kuhn, um caráter revolucionário”.

AL9(AU7): *“Esse caráter revolucionário está associado a quê?”*

Professor: *“À nova visão de mundo que é incomensurável com relação à anterior [...] a existência de um paradigma é que distingue ciência da não-ciência. Aqui está o seu critério de demarcação, e não a falsificação. [...]. Ciência normal e revoluções científicas são necessárias para o progresso da ciência. O que se faz num curso de Física é ciência normal. A passagem da pré-ciência para uma fase de ciência madura ocorre quando os pesquisadores daquela área de conhecimento aderem a um mesmo paradigma. O surgimento de anomalias graves afeta o paradigma e novas idéias começam a aparecer até que se estabeleça um novo paradigma...”*

Nesse contexto surgiram outras questões:

AL14(AU7): *“ Não entendi. Ciência madura não quer dizer que ela pára por aí?”*

AL2(AU7): *“Mas existem vários paradigmas, então a Física não é uma ciência madura?”*

A questão do ALUNO 2 parece reforçar sua visão aberta e adequada da natureza da ciência uma vez que ele admite implicitamente que na Física coexistem diferentes paradigmas. Sua dúvida vai além, no sentido de criticar o próprio Kuhn que entende ciência madura quando todos os cientistas aderem a um único paradigma.

A questão do ALUNO 14 parece revelar que ele tinha a impressão de que o conhecimento científico produzido pela Física é cumulativo, inflexível e pode atingir a verdade absoluta (ao se tornar ciência madura), demonstrando uma concepção contrária à natureza tentativa e provisória das teorias científicas. Talvez essa visão seja reforçada pela forma de apresentação da Física dos livros didáticos, tanto do ensino médio quanto de alguns dos mais conhecidos livros de Física Geral utilizados no curso de Física. Haveria também uma contribuição das visões passadas pelos professores de Física, nos diferentes níveis, ao longo dos anos da vida escolar?

Acreditamos que sim. Esse é o motivo porque entendemos que os professores de Física em formação precisam tomar consciência das suas próprias visões sobre a natureza da ciência e adotar posições críticas na direção de visões mais contemporâneas.

Ryder et al. (1999), Matthews (1995), Ogunniyi (1982), Prado (1989), Lederman et al. (1998, 2002), Mestre (2001), Sandoval, Cudmani e Madozzo (1995) são exemplos de pesquisas que têm se empenhado intensivamente, nos últimos 20 anos, visando inclusão da História e Epistemologia da Ciência nos cursos de formação de professores de ciência, mostrando que esta tem sido uma tendência unânime na literatura, neste campo do saber.

A aula seguinte foi dedicada à construção dos mapas conceituais da filosofia de Kuhn. Novamente os grupos reuniram-se para elaboração da tarefa.

Esses momentos eram especiais porque dentro dos pequenos grupos ocorriam as mais acaloradas discussões e todos tinham de participar expondo e discutindo suas idéias para a execução da tarefa. Como já referimos anteriormente, nas discussões de grande grupo poucos alunos, e em geral os mesmos, participavam ativamente dos debates ou simplesmente buscavam esclarecer suas dúvidas.

Os demais silenciavam, provavelmente devido a suas características pessoais ou porque, como já comentamos, a sala de aula assume um caráter de espaço de tensões, aonde “*conhecimento é poder*”, no dizer de Michel Foucault, e acaba silenciando os mais inibidos.

Assim, as atividades de grupo, que às vezes se estendiam por horas, eram oportunidades ricas de interação aonde afloravam dúvidas, sugestões, reflexões e as relações sociais ganhavam vida, tornavam-se espontâneas e absolutamente naturais, não apenas entre os alunos, mas também entre alunos e professor.

Nossas intervenções nos grupos foram ganhando familiaridade e a partir delas fomos conhecendo mais de perto cada estudante; fomos descobrindo formas de expressão e de pensamento. Através delas descobrimos que nem sempre as visões epistemológicas dos diferentes filósofos da ciência eram bem aceitas. Thomas Kuhn define incomensurabilidade como formas diferentes de ver o mundo e, portanto, os méritos de diferentes paradigmas não podem ser comparados. Nesse dia verificamos no grupo do ALUNO 15 que havia críticas a essas idéias:

AL15(AU8): “... *entendo que é possível comparar paradigmas, pois a conversão do cientista para o novo paradigma implica que ele esteja julgando o novo melhor do que o atual*”.

AL3(AU8): “... *a mecânica clássica continua sendo estudada e a mecânica relativística constitui um novo paradigma [...] então os dois paradigmas coexistem*”.

Essas posições demonstravam uma atitude bastante reflexiva já que essas também são críticas bem conhecidas de outros filósofos da ciência em relação a Kuhn.

Na aula seguinte houve as apresentações dos mapas conceituais. Não antes da habitual cobrança da primeira meia hora para “*fazer os ajustes finais dos mapas*” e do não surpreendente repúdio à presença da professora que representava oficialmente o Departamento de Física, devido à ausência do professor, por motivo de viagem.

Essa postura dos estudantes confirmava nossa constatação anterior de que se estabelecem relações de hierarquia e confiança na sala de aula entre professor e estudantes, unicamente, e a presença de outros personagens gera, em princípio, desconforto. Era possível perceber, no entanto, que a nossa presença ali começava a ser aceita. Aos poucos fomos conquistando a confiança dos estudantes e “um lugar ao sol”.

O ALUNO 10 pediu para começar a apresentação do mapa sob os protestos da turma que alegava que “*a transparência está ilegível*” e “*a letra está feia*”.

O mapa estava manuscrito enquanto a maioria dos grupos tinha usado o *CmapTools*⁵, uma ferramenta que dispõe de inúmeros recursos e permite que os mapas conceituais ganhem estrutura e aparência visual mais elegantes.

Pode-se dizer, portanto, que o nível de exigência dos estudantes com relação à forma dos mapas tinha crescido, sendo que conceitos repetidos e conectivos longos entre os principais conceitos foram sistematicamente criticados pelos próprios colegas.

Não ocorreram debates marcantes durante as apresentações e os mapas estavam, em geral, bastante bons indicando que houve um certo consenso com relação às idéias de Kuhn e que começavam a desaparecer os sobressaltos iniciais com respeito às novas idéias da natureza da ciência.

Mostramos a seguir um dos mapas apresentados naquela aula e transcrevemos abaixo parte da fala do ALUNO 9 para explicá-lo:

AL9(AU9): *“[...] acontece a ciência normal embasada num paradigma. Quando o paradigma entra em crise vem a Revolução Científica. A fase da revolução se caracteriza pela insatisfação com o antigo paradigma e pela persuasão para conversão ao novo paradigma. O novo paradigma representa progresso para a ciência porque resolve as anomalias apresentadas pelo antecessor. Ao se estabelecer um novo paradigma, vem nova fase de ciência normal como em um processo cíclico, mas*

⁵ *CmapTools* : programa livre que pode ser acessado na internet através do endereço: cmap.coginst.uwf.edu/

com crescimento da ciência. Os paradigmas são incomensuráveis no sentido de que são maneiras diferentes de ver o mundo...”.

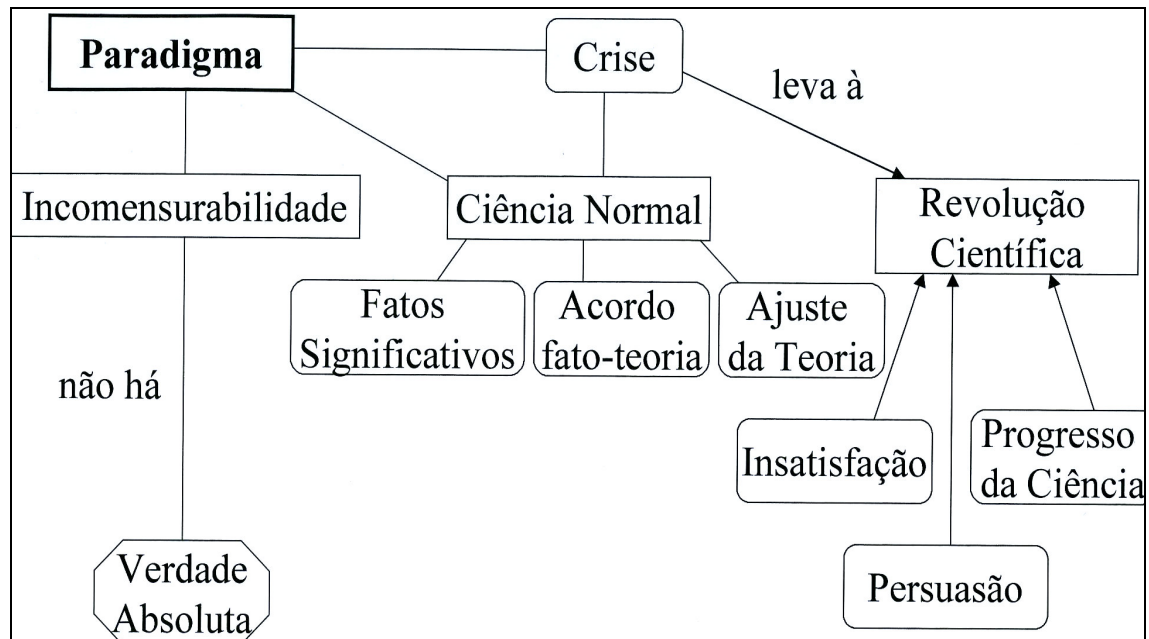


Figura 5.5 - Mapa conceitual da filosofia de Kuhn apresentado pelo grupo ALUNO 1, ALUNO 7, ALUNO 9 e ALUNO 12.

Do exame do mapa da Figura 5.5 pode-se ver que apareceu claramente a idéia da não existência da “verdade absoluta”. Além disso, variáveis de caráter social e humano como “insatisfação” e “persuasão” são admitidas no processo de construção da ciência, mostrando adesão a crenças contrárias ao “método positivista” rigoroso e inflexível.

Utilizamos o final daquela aula para explicar e discutir a tarefa da aula seguinte que consistiria da construção de um quadro comparativo das principais idéias epistemológicas até então estudadas. As apresentações seriam feitas em mesa redonda aonde um representante faria a defesa das idéias do grupo e cujo objetivo seria obter um único quadro de consenso.

AL2(AU9): “Mas que não vai haver consenso, isso não vai! Isso vai ser uma briga de foice”.

Pesquisadora: “[...] é preciso aprender a negociar. Vocês serão professores e a sala de aula será uma constante negociação...”.

AL2(AU9): *“Mas na sala de aula não é assim. Lá o professor manda e os alunos obedecem”.*

Os colegas riram da brincadeira. Ficamos nos perguntando quantos dali sairiam da universidade realmente preparados para os desafios da sala de aula e para as necessárias transformações, e quantos se limitariam a dar as aulas tradicionais, praticadas pela maioria de seus próprios professores, como o ALUNO 2 insinuara?

A aula seguinte, a décima do semestre, foi por nós coordenada. Foi marcada por muitas ausências. Os alunos tinham conhecimento de que o professor continuava em viagem, o que, definitivamente, gerava aumento das ausências.

Os estudantes tinham sido avisados, no início do semestre, de que presença e participação seriam itens importantes na sua avaliação. Assim, valeria a pena assistir aulas quando o professor titular e responsável pela avaliação final estivesse ausente?

Tal comportamento parece confirmar o resultado obtido por Villani et al. (1997), de que obter boas notas é um dos objetivos que leva os estudantes à sala de aula. Concluem ainda que é *“tarefa básica do professor, acoplar seu objetivo, de que seus alunos aprendam, com a meta deles de obter sucesso e diploma”*, tarefa esta que se constitui em permanente desafio para todo professor.

Naquela aula solicitamos que se formassem apenas três grupos. A meta era objetivar os debates e fazer com que a construção e apresentação dos quadros comparativos das filosofias estudadas se tornassem menos dispersivas e mais críticas.

Várias dúvidas foram surgindo durante nossas interações com os grupos, demonstrando que captar a essência das teorias de Popper, Lakatos e Kuhn destacando semelhanças e diferenças entre elas, consistia em uma tarefa bastante complexa. Pressupunha ter aprendido significativamente as diferentes visões para poder compará-las criticamente. E isto, definitivamente, ainda não tinha acontecido naquele momento.

Vestígios de crenças bastante enraizadas nas mentes de alguns estudantes continuavam a se fazer presentes. Transcrevemos abaixo parte de um intenso debate que se travou no grupo formado por: ALUNO 1, ALUNO 7, ALUNO 12, ALUNO 15 e ALUNO 17:

AL12(AU10): *“[...] é preciso transmitir a idéia de que a Física é objetiva, precisa e inquestionável, caso contrário o aluno do nível médio vai ficar com a idéia de que não é importante estudá-la já que é um conhecimento apenas transitório”.*

Contra-argumentamos: *“[...] um bom argumento em prol da Física é lembrar que, a despeito da transitoriedade das teorias e dos modelos, ela constitui a melhor explicação disponível para o mundo natural e que o avanço tecnológico que ela tem propiciado é inegável. Não é lícito ensinar a Física como uma ciência acabada porque à luz das futuras descobertas pode acontecer que o que sabemos hoje não seja totalmente válido amanhã”.*

A despeito da nossa contra-argumentação havia naquele grupo uma forte tendência a favor do posicionamento do ALUNO 12 deixando evidente o quanto era profunda a crença em leis e teorias fixas e imutáveis que a Física produziu. Conhecimento esse verdadeiro porque baseado nos fatos e, portanto, dotado de autoridade intelectual, o que caracterizava fortes raízes empiristas/indutivistas.

O segundo grupo (ALUNO 4, ALUNO 8, ALUNO 10, ALUNO 18, ALUNO 20, ALUNO 22 e ALUNO 23) estava mergulhado em discussões sobre o processo de ensino e aprendizagem:

AL20(AU10): *“É preciso fazer o aluno aprender a refletir”.*

AL18(AU10): *“Não tem outra forma senão começar treinando. O aluno de nível médio precisa ser treinado a resolver problemas-padrão de Física, pois ele vai ser cobrado no vestibular [...] ainda que o aluno não entenda no começo, ele vai aprendendo como se resolve e pega o jeito”.*

O ALUNO 18 parecia convicto das suas idéias e pouco disposto a abandoná-las. Usou seu próprio exemplo para dizer que *“tenho consciência de que só na universidade me tornei um aluno dedicado”.* Defendeu sua convicção de que somente

com a maturidade “*os jovens adquirem gosto e passam a valorizar a busca pelo conhecimento*”. Mas admitiu que o “*meio social gera mudanças*” e disse acreditar que o meio acadêmico incentiva o aluno a estudar enquanto “*o nível médio é um meio que tolera o aluno relapso*”.

É preciso levar em conta que O ALUNO 18 já era professor e já entrara em contato com as dificuldades de sala de aula, o que parecia estar na base do seu aparente pessimismo, aliado à baixa qualidade do ensino médio do nosso país, fato publicamente reconhecido, e que acaba tolhendo boas idéias dos professores e frustrando ideais.

Com relação a essas manifestações o professor retomou o assunto na aula seguinte e disse que: “*mudanças significativas não acontecem por si só e o professor assume na sala de aula um papel importante na busca da transformação*”. Os alunos ouviam em silêncio.

Seguiu-se a apresentação e discussão dos quadros comparativos através da dinâmica, já explicada, sendo que a qualquer momento um suplente poderia ser indicado para complementar ou melhorar o enfoque da argumentação do representante do grupo. A distribuição espacial foi tal que os representantes ocuparam a mesa no centro da sala de forma que todos os alunos ficassem voltados para o centro de discussões.

No começo dos trabalhos cada grupo acabou mandando para a mesa dois componentes (o representante e o suplente). O desenho inicial não foi respeitado provavelmente porque havia a expectativa de muita polêmica. Na prática, toda a turma acabou participando dos debates. Acreditamos que foi o momento de maior interação de grande grupo até então.

Era possível perceber que à medida que o tempo passava os estudantes iam se acostumado àquela forma mais interativa, colaborativa e participativa de aula. Em geral, nas apresentações o professor incentivava que as cadeiras fossem dispostas em forma de círculo o que facilitava o diálogo. Definitivamente eram aulas que fugiam ao padrão tradicional do curso de Física e ainda que as disciplinas da Educação

tivessem tido esse mesmo espírito “*estas eram diferentes*”, diziam eles, primeiro porque eram aulas dadas por um físico, e segundo porque não havia as famosas “*listas de problemas*”.

Um debate que apareceu nesse dia estava diretamente relacionado com a forma de trabalho dos cientistas e de como eles próprios são vistos. O ALUNO 13 comentou um seminário recente que haviam assistido, em que um eminente cientista afirmara que “*fazer ciência é pensar grande e toda vez que tomo conhecimento que há alguém trabalhando na mesma idéia, abandono-a e parto para outra*”.

Essa assertiva pareceu ter causado frustração nos estudantes, pois passou a idéia de competição e da busca de sucesso pessoal por parte dos cientistas, características eminentemente humanas, como teoriza Humberto Maturana. Maturana (2001) entende a ciência como um domínio cognitivo gerado na atividade humana, relacionada ao que fazemos e vivemos na vida cotidiana, como observadores explicando o que observamos através de uma rede de conversações que envolve afirmações e explicações validadas por uma comunidade científica, sob a paixão de explicar. Portanto, longe de ser uma atividade que segue rigorosamente um “método científico”.

A manifesta frustração dos estudantes demonstrou, assim, uma crença que coincide com representações sociais a respeito do fazer científico, ou seja, de que o cientista seria um ser especial acima de qualquer suspeita, o que é uma visão bastante equivocada.

O professor procurou romper essa visão dizendo:

Professor: “*É isso mesmo que acontece no dia-a-dia do cientista. Além de existir o problema da competição, que envolve verbas para a pesquisa, existe a vontade de ser o primeiro a ter a idéia. O cientista não está interessado em questões filosóficas, quer publicar, trabalhar com coisas novas e de ponta*”.

Retornando ao quadro comparativo, observamos que ao longo das discussões que objetivavam construir um quadro consensuado apareceram algumas

manifestações que revelavam grandes avanços na direção de visões mais adequadas da natureza da ciência.

AL7(AU11): *“Com relação às principais diferenças entre as epistemologias de Popper, Lakatos e Kuhn e o empirismo/indutivismo, acho que para esses três epistemólogos a verdade é provisória, não é absoluta e imutável como no empirismo”.*

AL6(AU11): *“O professor deve apresentar a Física como uma modelagem da natureza”.*

AL2(AU11): *“Acho que isso não basta, é preciso convencer que o modelo utilizado pela Física é o melhor para mostrar ao aluno que é importante aprender Física. Caso contrário, acontece que o aluno pode não aprender nada de Física, mas vai estudar o que tu estás querendo e isso vai acontecer se tu disseres a ele que é necessário para passar no vestibular...”.*

AL11(AU11): *“Na escola o aluno aprende a decorar fórmulas, a resolver problemas, mas não aprende Física”.*

Professor: *“O professor não pode pactuar com esse tipo de ensino [...] a escola precisa formar cidadãos críticos e reflexivos”.*

Esse diálogo é auto-explicativo no que concerne à relevância dos assuntos em questão e à enorme importância que essas discussões explícitas assumem na formação de professores mais reflexivos.

As aulas seguintes foram dedicadas à filosofia de Gaston Bachelard *“o filósofo do não e da desilusão [...] o conhecimento é uma ilusão, pois o progresso depende de uma desilusão com o conhecimento anterior”*, no dizer do professor.

O professor explicou cuidadosamente as idéias abrangentes e complexas de Bachelard: as “noções obstáculo” (ex: idéia de corpúsculo como uma minúscula bolinha, já superada na Física), os “obstáculos epistemológicos” (substancialismo, animismo, o excesso de imagens e analogias simples, etc.) e os “obstáculos pedagógicos” (tudo o que é fácil ensinar é inexato). Deteve-se na questão do “perfil epistemológico” (estágios pelos quais pode passar a compreensão de um dado

conceito para um indivíduo) e do “espectro epistemológico” (tendências da ciência em dado período, que vai do empirismo para o idealismo). Atentou para a importância do “espírito científico” buscar sempre fazer avançar nossa compreensão dos conceitos físicos, de forma a se tornarem em nossa mente cada vez mais sofisticados e mais abstratos.

Foi possível perceber que as idéias bastante elaboradas e complexas de Bachelard novamente causavam desconforto, conflitando com algumas crenças antigas.

Destacamos algumas falas que exemplificam isso:

AL17(AU12): *“Mas no caso da eletrônica as “bolinhas” funcionam. (referindo-se à idéia do elétron – corpúsculo - pensado como uma bolinha).*

AL14(AU12): *“Qual a definição de massa? Quer dizer que em cada estágio do “perfil epistemológico” a definição é diferente?”*

AL13(AU12): *“Passar de um estágio para outro, avançar no perfil epistemológico ocorre sem necessidade de provar? É uma questão de crença?”*

O elétron pensado como uma bolinha, em primeiro lugar, é uma representação imagística utilizada pelos livros de ciência (já superada pela Física Moderna) e, em segundo lugar, expressa uma associação inequívoca com a substância que nada tem a ver com a dualidade onda-partícula teorizada pela Mecânica Quântica. A utilização desse tipo de analogia deve ser abolida porque não contribui para uma compreensão mais aberta da Física Moderna.

O conceito de massa, Bachelard discute bem isso, se entendido como “conceituação do grande” ou como “quantidade de matéria” (materialismo), é fácil de ser compreendido, mas está associado à forma mais primitiva desse conceito e acaba funcionando como obstáculo pedagógico, pois limita o espírito científico, uma vez que massa para a Física Moderna é muito mais do que isto. Ao longo do último século e com o espetacular avanço da Física o conceito de massa se tornou abstrato, uma função da velocidade, na Relatividade, aonde nem mesmo a massa de repouso

define as características de um objeto, pois, não existe repouso absoluto. Para Dirac, o conceito de massa se tornou dialético, admitiu a massa negativa (sem raiz na realidade comum). Estas questões, como teoriza Bachelard, só podem ser interpretadas num racionalismo aberto, em um verdadeiro ultra-racionalismo.

Portanto, as falas dos alunos 17, 14 e 13 expressam crenças bastante ingênuas sobre alguns conceitos fundamentais da Física, o que deixa evidente uma certa resistência daqueles alunos em abrir mão das suas crenças positivistas.

As questões e os debates que se seguiram levaram o professor a destinar o restante da aula para a discussão dessas idéias “...pois elas têm muitas implicações para o ensino”, nas palavras do professor.

Na décima terceira aula do semestre, que na primeira metade foi por nós coordenada, pedimos para que iniciassem a construção dos mapas conceituais da filosofia de Bachelard.

Os alunos mostraram-se reticentes, diziam ter achado o texto de apoio muito complexo, pouco elucidativo e com expressões de difícil interpretação. Salienta-se que a cada novo epistemólogo que era apresentado era solicitada a leitura de um texto de apoio. Neste caso, foi disponibilizado o Texto de Apoio nº 5, intitulado “*Las Epistemologias de Bachelard, Laudan y Feyerabend*”, 2000, de Marta A. Pesa e Ileana M. Greca, Programa Internacional de Doctorado en Enseñanza de las Ciencias, Universidad de Burgos, España e Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil. O texto estava em espanhol e este foi o motivo da maior reclamação dos estudantes.

Entretanto, ao longo das nossas conversas com os grupos naquela aula, foi possível perceber que dentre os filósofos da ciência até então estudados Bachelard tinha sido, sem dúvida, o de maior complexidade conceitual e causa, muito mais do que a falta de compreensão do texto de apoio, do clima de ansiedade que voltou a permear a sala de aula.

Não havia consenso dentro dos grupos nem mesmo naqueles costumeiramente mais ativos, deixando aflorar o quanto estavam inseguros.

A “filosofia do não” de Bachelard traz na sua essência a idéia da constante desilusão com o conhecimento anterior, questionando-o com o objetivo de alargar horizontes e fazer a ciência crescer, e traz subjacente a idéia do erro e da permanente retificação do erro, e isso, colocava em risco crenças bem estabelecidas a respeito da imutabilidade das leis e teorias da Física. Além disso, as idéias de Bachelard, com grande influência no ensino, como a idéia de que é preciso vencer “obstáculos epistemológicos e pedagógicos” chamando atenção, por exemplo, a que o conhecimento comum/sensível e o excesso de imagens acabam limitando a capacidade do aluno de representar, bem como a idéia do freqüente uso de “noções-obstáculo”, como por exemplo a idéia de corpúsculo associado a “objeto minúsculo”, colocaram os estudantes naquela aula diante de sérios dilemas. Diríamos que foram momentos de profundas reflexões coletivas sobre o “fazer” do profissional de ensino, aonde apareceram comentários e críticas a seus próprios professores e inevitáveis comparações que, para muitos daquele grupo, não sabíamos dizer ainda quantos, serviria para uma efetiva tomada de consciência.

A afirmação a seguir expressa bem a preocupação, quase uma desilusão, do ALUNO 3 com relação a essas questões:

AL3(AU13): “Para entender o que os alunos interpretam ou aprendem só entrando na mente deles!”.

As apresentações dos mapas ficaram para a aula seguinte que, da mesma forma, começou reticente e silenciosa. O professor precisou incentivar os grupos a fazerem suas apresentações, não houve voluntários.

Ao final da primeira apresentação o próprio grupo comentou seu trabalho:

AL18(AU14); “É isso, mas nós tivemos dificuldades, não está claro [...] talvez esteja faltando mais leitura”.

AL23(AU14): “Nós identificamos os conceitos, mas a dificuldade foi relacioná-los [...]”.

Essa autocrítica deu início a uma discussão que envolveu todos os grupos a respeito de quais seriam os conceitos considerados principais na filosofia de Bachelard, o que resultou no questionamento do próprio conceito de “conceito”.

O professor interveio para esclarecer que as pessoas vão adquirindo e ampliando os seus conceitos cotidianos e científicos. Citou exemplos de conceitos científicos que vão mudando seus significados dentro das próprias comunidades científicas à medida que o conhecimento vai avançando.

A preocupação, entretanto, parecia centrar-se em aspectos práticos, senão vejamos:

AL14(AU14): *“Como o professor pode fazer para identificar que ‘ele não entende que o aluno não entende’?”*

AL13(AU14): *“[...] nunca se pode esquecer que uma turma é diferente da outra e que não basta repetição das explicações”.*

AL4(AU14): *“A minha experiência de sala de aula mostra que os alunos acham que Física e Matemática poderiam ser a mesma disciplina”.*

AL9(AU14): *“Há uma idéia por aí de que a Física é formulista”.*

AL19(AU14): *“Mas também não dá para banalizar e só ensinar conceitos”.*

Professor: *“Será que não temos um jeito de mudar essa realidade? É verdade que nós físicos fomos treinados a lidar e a desenvolver fórmulas, mas precisamos entender os conceitos que estão por trás das fórmulas. Como professores isto é fundamental. Caso contrário as nossas aulas se transformam em um festival de fórmulas [...]. Precisamos permanentemente nos questionar sobre nossas aulas”.*

Essas manifestações demonstraram uma certa preocupação e uma crescente conscientização das dificuldades que os professores enfrentam para ensinar Física e das necessidades de transformação desse cenário.

Observamos que, à medida que os vários mapas conceituais da filosofia de Bachelard foram sendo apresentados e discutidos, a compreensão foi melhorando de forma que, às vezes, o próprio grupo passava a perceber as deficiências do seu mapa e a necessidade de ser refeito.

O seguinte diálogo, de um dos grupos, mostra bem isso:

AL11(AU14): *“Na minha opinião ‘filosofia do não’ é um conceito principal e falta no nosso mapa. Ela deveria aparecer como conceito-chave. Falta também o conceito de ‘conhecimento comum’”.*

AL13(AU14): *“Acho que ‘conhecimento comum’ aparece dentro de ‘conhecimento geral’. Bom, isso é genial, o grupo não concorda com o que ele mesmo propôs e eu fico aqui na frente tentando defender...”.*

Mostramos a seguir o mapa conceitual em questão, em sua versão modificada após a apresentação.

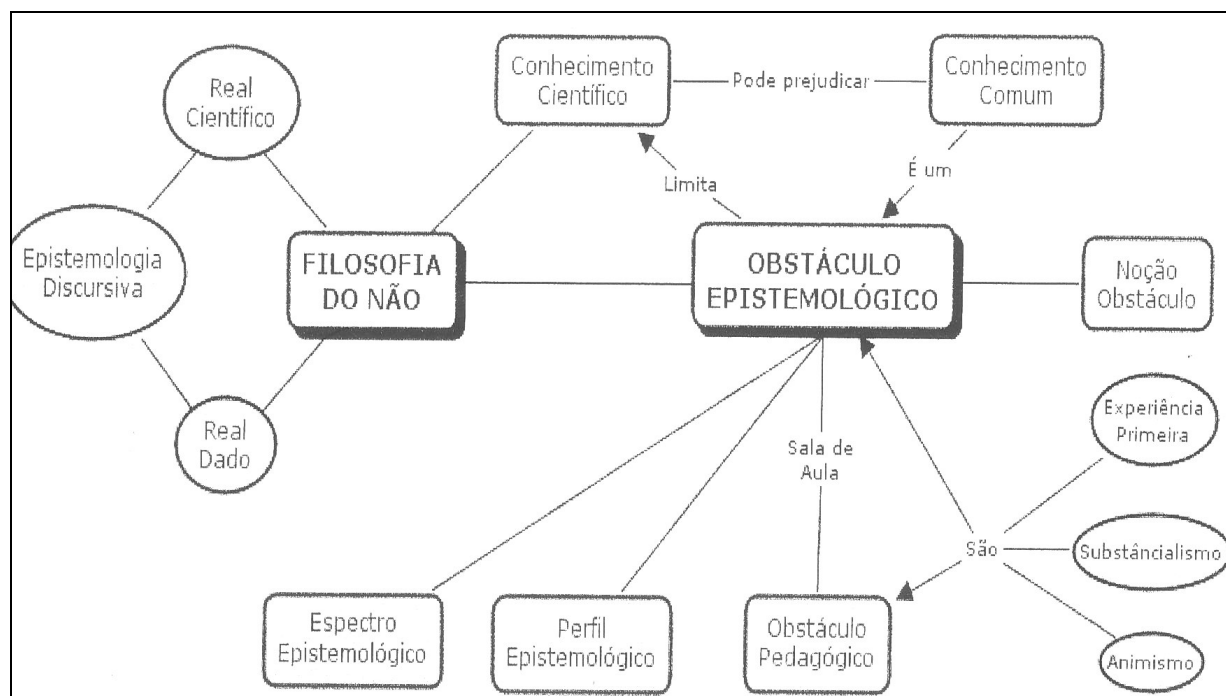


Figura 5.6 – Mapa conceitual da filosofia de Bachelard refeito por: ALUNO 2, ALUNO 11, ALUNO 13, ALUNO 14.

Verifica-se na Figura 5.6 que o mapa conceitual apresenta uma boa articulação entre os principais conceitos da filosofia de Bachelard com destaque para os obstáculos epistemológicos (conhecimento comum, animismo, substancialismo, experiência primeira) e para os obstáculos pedagógicos. Não fica claro que é preciso vencer esses obstáculos para que o espírito científico possa avançar no perfil epistemológico. A Filosofia do Não está associada à questão do “erro”. O crescimento da ciência se dá pela constante superação do erro o que define sua natureza transitória e tentativa. Essa idéia não apareceu no mapa conceitual.

Entretanto, esta última idéia foi bem destacada pelo ALUNO 4 na apresentação do quarto mapa conceitual:

AL4(AU14): “[...] a busca pelo conhecimento científico é guiada pela ‘filosofia do não’. O espírito científico enfrenta os ‘obstáculos epistemológicos’ e, no ensino e aprendizagem, temos que procurar superar os ‘obstáculos pedagógicos’ e isso vai fazer com que os alunos avancem no ‘perfil epistemológico’. Melhoramos nosso conhecimento científico passando por todo o espectro [...]”.

AL6(AU14): “O espírito científico enfrenta obstáculos? Não concordo com a forma como esta questão é colocada”.

AL4(AU14): “Sim enfrenta porque à medida que questionamos o conhecimento nós o estamos enfrentando”.

AL6(AU14): “Entendo que os obstáculos estão aí e os alunos lidam com eles, às vezes os enfrentam e outras não, por isso não se trata de um enfrentamento no sentido da palavra”.

Professor: “[...] o ALUNO 6 quer dizer que o enfrentamento pode não ocorrer pelo fato de que não houve nem mesmo identificação do obstáculo por parte do aluno.”

Essa discussão mostrou uma visão bastante adequada da natureza da ciência dos estudantes ALUNO 4 e ALUNO 6. Na verdade, o foco da discussão é marginal ao que ela revela de mais importante, ou seja, que ambos aceitam naturalmente a provisoriedade e mutabilidade do conhecimento científico e com isso o debate se tornou mais minucioso.

De uma maneira geral, ficamos com a impressão de que as idéias de Bachelard não foram bem compreendidas, mas principalmente, não foram aceitas com facilidade. De fato, aceitar a presença do erro no processo de construção da ciência pressupõe admitir não apenas que os dados observacionais apresentam erros e imprecisões, mas que também as leis e teorias físicas estão sujeitas ao erro. Isso colide frontalmente com visões positivistas tradicionais.

O filósofo da ciência abordado na seqüência, Larry Laudan, foi por nós apresentado, na aula seguinte, por motivo de viagem do professor. Apresentamos as principais idéias de Laudan com auxílio de lâminas: a ciência é uma atividade de “resolução de problemas” e os cientistas passam o tempo todo tentando resolver problemas, basicamente de dois tipos: empíricos – perguntas sobre o mundo natural e, conceituais - perguntas relacionadas com as inconsistências ou ambigüidades internas das teorias ou contradições entre teorias. As teorias estão filiadas a Tradições de Investigação, que são crenças mais profundas dos cientistas e metodologias que eles utilizam, de tal forma que não podem ser contrastadas. Destacamos que, para Laudan, o valor de uma teoria depende da eficácia em resolver problemas e do progresso que ela representa. A ciência tem como objetivo principal transformar problemas empíricos, anômalos e não resolvidos, em problemas resolvidos.

A visão de Laudan, embora coincida em muitos aspectos com os filósofos anteriormente estudados (e.g., a natureza conjectural e tentativa do conhecimento científico; a superação da concepção empirista/indutivista, etc.), difere daquelas no sentido em que ele acha natural que as teorias apresentem algum grau de ameaça epistemológica provocada pelas anomalias. Assim, as anomalias são importantes, mas não decisivas para provocar o abandono do paradigma ou programa de pesquisa. Além de expressar uma visão mais pragmática da ciência, ao falar na efetividade das teorias. Fizemos uso de exemplos históricos objetivando facilitar a compreensão.

O comportamento da turma nesse dia foi bom, demonstrando interesse pelo assunto, que, aliás, não pareceu ter causado tanto impacto como em Bachelard.

Entretanto, foi possível perceber que o nível de atenção foi inferior enquanto o nível de ruídos e conversas dispersivas foi superior aos verificados nas aulas do professor.

Cabem aqui algumas reflexões: poderíamos atribuir tal comportamento da turma à nossa falta de experiência docente. Mesmo utilizando sistemática idêntica à do professor, sabe-se que diferentes professores apresentam diferentemente o mesmo conteúdo o que determina o estilo próprio de cada um. Contudo, entendemos que este foi mais um indício, a reforçar nossa hipótese, já referida anteriormente, de que as relações de hierarquia e confiança que se estabelecem na sala de aula acontecem entre professor e estudantes, unicamente. Ainda que nossa presença ali já não causasse estranheza, essa tinha sido nossa primeira aula.

De outro lado, ao final da aula, muitos alunos se sentiram bastante à vontade para apresentar queixas, dúvidas e dificuldades de ordem prática sobre a forma, extensão e bibliografia para elaboração da monografia que as duplas estavam preparando sobre História da Física. Esses desabafos dos estudantes soaram como uma espécie de cumplicidade de igual para igual, o que não acontecia com relação ao professor, ainda que as relações entre professor e alunos fossem as mais amistosas possíveis.

Os mapas conceituais da filosofia de Laudan ficaram para a aula seguinte.

Estabeleceu-se como objetivo para a décima sexta aula, quando se completavam dois meses de curso, construir e apresentar os mapas no mesmo dia. Foram aparecendo dúvidas ao longo da aula que o professor procurou esclarecer, aproveitando para revisar as principais idéias de Laudan.

Os mapas foram rapidamente construídos pela maioria dos grupos o que indicava que os estudantes haviam adquirido certa habilidade para trabalhar com mapas conceituais, ainda que, essa tarefa parecesse facilitada pela clareza e objetividade das idéias de Laudan.

As apresentações transcorreram normalmente. A novidade ficou por conta das críticas sistemáticas feitas pelo professor à maioria dos mapas, deixando transparecer que a rapidez na construção resultou em perda de qualidade.

De fato, construir um mapa conceitual não se reduz a listar conceitos dispondo-os em forma de fluxograma. Pressupõe captar a “*estrutura conceitual do texto*” e se libertar da “*idéia de linearidade*”, nas palavras do professor, que fez analogia com a construção de um edifício. Ou seja, o mapa conceitual equivale à estrutura do edifício. “*É preciso captar os principais conceitos do texto e relacioná-los entre si através de conectivos expressivos e de alguma forma destacar quais são os conceitos-chave*”.

Nesse sentido, conforme aborda Mestre (2001), acreditamos que a aprendizagem da construção de mapas conceituais (ou outros instrumentos heurísticos) desenvolve habilidades para que os estudantes consigam organizar os conhecimentos, tanto da Física quanto da natureza do conhecimento científico, auxiliando-os na identificação dos conceitos e princípios de maior domínio, e também destacando a importância de justificar o seu uso, ao invés de simplesmente manipular equações, como costuma acontecer nas tarefas de resolução de problemas.

Concordamos que esse aprendizado “*deve ocorrer durante a instrução e que os estudantes devem se engajar ativamente nisso*” (Mestre, 2001). A superação por parte dos estudantes das suas próprias dificuldades, que refletem, em diferentes níveis, as dificuldades que seus alunos apresentarão pode fazer com que os caminhos que eles utilizam para chegar ao entendimento e todas as estratégias que os auxiliam a vencer obstáculos, como o trabalho colaborativo de grupo, os seminários, o uso de fluxogramas e mapas conceituais acabe levando os futuros professores a repensar práticas docentes incentivando-os a introduzir novas estratégias.

Com o intuito de encorajar novas práticas e a utilização de novas tecnologias a aula seguinte foi dedicada à apresentação do software CmapTool (<http://cmap.coginst.uwf.edu>). Foram apresentados: a forma de acesso, os

aplicativos, os recursos, as instruções de uso e as vantagens de utilização do programa para a construção de mapas conceituais mais elaborados, que podem incluir elementos como: textos explicativos, definições, figuras, animações, etc.

Os estudantes tiveram oportunidade de exercitar trabalhando diretamente no programa através dos computadores do laboratório de informática.

A aula foi dada por uma professora de novas tecnologias e a audiência foi extremamente baixa. Apenas dois grupos aproveitaram para refazer os mapas da epistemologia de Laudan.

Observou-se, como das outras vezes, que quando o professor titular não estava presente o nível de aproveitamento baixava significativamente. Se por um lado, isso fazia supor que o desempenho e a dedicação dos estudantes estavam associados à avaliação, uma vez que presença e participação eram itens avaliáveis para aprovação na disciplina, por outro lado há de se considerar que a maioria dos estudantes daquele grupo era usuária e dominava bastante bem sistemas informatizados, podendo-se, então, inferir que não teriam problemas para acessar e operacionalizar programas disponíveis na *internet*. “Checamos” isso em conversas com os próprios estudantes e eles confirmaram nossa suspeita, pois já elaboravam seus mapas no *Cmap*.

Então, da óptica deles, aquela aula se tornou repetitiva e cansativa, provavelmente motivo principal da falta de interesse da maioria, ainda que oito alunos tenham aproveitado para esclarecer suas dúvidas.

A epistemologia de Stephen Toulmin foi introduzida pelo professor na aula seguinte, a décima oitava do semestre.

No início da aula o professor normalmente encontrava a turma mergulhada em discussões diversas: notícias, fatos, filmes, etc. Nesse dia, a turma discutia calorosamente o último filme da série Matrix. Esses eram momentos em que, geralmente, o professor entrava na conversa, ouvia ou emitia alguma opinião e assim se fortificavam as relações de amizade com os estudantes.

Ao apresentar as principais idéias o professor disse que *“Toulmin considera os conceitos como o que há de mais importante no pensamento humano [...] a ciência evolui com a evolução dos conceitos através da perpetuação seletiva, contrariamente a Kuhn, que entende que a ciência vai cedendo lugar a novos paradigmas, que acontecem através das revoluções científicas”*.

Entende Toulmin que a ciência cresce devido à interação de fatores sócio-econômico-culturais: a existência de diferentes disciplinas, das sociedades científicas, das revistas e congressos científicos e das formas como se desenvolvem, como se capta e qual o valor das ‘populações de conceitos’.

Nesse contexto surgiu a seguinte pergunta:

AL14(AU18): *“Ele (referindo-se a Toulmin) está falando somente da evolução científica na universidade, isto é, no nível superior?”*.

Professor: *“Sim, no Brasil se faz ciência só na universidade [...]”*.

Essa questão desencadeou uma discussão, já ocorrida em outras aulas, que focalizava a estrutura das universidades do nosso país e o paradoxo que os professores universitários enfrentam, especialmente na Física, pois *“eles querem fazer pesquisa, mas têm que dar aula”*, nas palavras do professor.

Os alunos deixavam transparecer nas suas falas e expressões que percebiam esse dilema em alguns dos seus professores e em suas aulas pouco motivadoras ao longo do curso de Física e lamentavam que, com isso, assuntos considerados interessantes acabavam sendo mal aprendidos, ou, mais comumente, aprendidos de forma mecânica. Mais uma vez, com isso, fica evidente a grande influência motivadora e o papel que o professor desempenha na sala de aula.

O professor encerrou a discussão dizendo que *“para quem vai ser professor de Física, recomendo que passem pelos diversos níveis de ensino e por vários colégios, várias escolas – supletivo, nível médio, escola pública, escola particular, universidade, etc. – para sentir o sistema”*. Essas recomendações eram sempre ‘bem

vindas'. Normalmente os estudantes queriam saber mais, se resultavam de vivências do professor e ouviam com interesse os relatos das experiências pessoais.

Esses aspectos que o cotidiano da sala de aula ia revelando nos fez acreditar que a relação “aluno x professor” é muito maior do que aquilo que prevê o currículo oficial das instituições de ensino. As atitudes, o exemplo de vida, os valores morais e éticos, a metodologia, a postura, as crenças, tudo isso é passado naturalmente tanto de forma explícita quanto implícita aos alunos pelo professor. Existe sim um currículo oculto, que é extremamente poderoso e que se bem usado pelo professor produz excelentes resultados. É preciso que os professores tenham consciência disso porque simplesmente ignorá-lo pode resultar em desastrosas experiências. A qualidade das relações sociais que se estabelecem na sala de aula pode determinar o sucesso ou o fracasso da disciplina. Existem inevitavelmente, importantes ingredientes emocionais envolvidos nessas relações e talvez por isso a aula presencial seja ainda a melhor opção de ensino, a despeito de toda a tecnologia hoje disponível. A paixão pelo explicar, no dizer de Maturana, é aquilo que move a vida do cientista. E porque não dizer que a paixão pelo ensinar é, e deve ser, aquilo que move a vida do professor? Essa paixão se revela em cada um e em todos os momentos do cotidiano da sala de aula e os alunos percebem-na, sentem-se motivados, querem retribuir e passam a respeitar as crenças e visões do professor. Assim, se queremos que os alunos aprendam novas visões sobre a natureza da ciência é preciso que nós mesmos acreditemos nelas.

O texto de apoio da epistemologia de Toulmin foi elaborado pelo próprio professor e a dinâmica da aula foi repassar o texto em conjunto, discutindo as principais idéias.

Relativamente à natureza da ciência, Toulmin é bastante claro ao afirmar que os conceitos não resistem à ação do tempo, vão evoluindo. Em geral, o nome do conceito se conserva, mas o significado vai mudando.

O professor fez uso de conceitos bastante conhecidos em Física como o de “força” e de “campo” para mostrar como eles evoluíram ao longo da História da

Física. Salientou que alguns conceitos morrem e outros aparecem, mas aqueles que se conservam vão reafirmando seu valor num processo racional, que é evolucionista e não revolucionário, marcando uma posição contrária a de Kuhn.

As idéias inovadoras de Toulmin já não causavam tanto impacto na maioria dos estudantes, mas ainda era possível perceber que concepções inadequadas resistiam nas mentes de alguns, senão vejamos:

AL14(AU18): *“Se Darwin estiver errado o Toulmin também estará!?”.*

Essa afirmação não teve o caráter de dúvida. Pelo seu tom provocativo, pareceu muito mais uma manifestação clara da crença inequívoca na inquestionabilidade de teorias científicas bem aceitas, como a Teoria de Darwin, por exemplo.

O fato de que a aceitação das teorias científicas não é pacífica foi exemplificado pelo professor citando um debate recente, no Estado do Rio de Janeiro, a respeito de ensinar o criacionismo nas escolas. Em geral, o grupo aceitava os argumentos do professor.

As pessoas, assim como os cientistas, passam por um processo de “enculturação”, no dizer de Toulmin. Captam os conceitos vigentes na sua época e depois, através de um processo crítico e racional, o próprio indivíduo pode contribuir para a modificação e evolução dos conceitos que são coletivos, compartilhados nas comunidades científicas. Daí a importância dos foros especializados, dos congressos, revistas, seminários aonde os cientistas expõem e a comunidade científica discute, filtra ou freia as novas idéias e vai decidir, ao longo do tempo, sobre sua aceitação e substituição da teoria anterior.

Esse processo é absolutamente diverso do método científico defendido pelo positivismo, em que a natureza revela suas leis e teorias, bastando que o homem as descubra através da observação meticulosa e uma vez descobertas são verdades absolutas.

Algumas manifestações dos estudantes demonstraram que o grupo percebeu criticamente que no processo de construção da ciência, como defendido por Toulmin, poderiam aflorar disputas e relações de poder.

AL14(AU18): *“Competição é uma discussão daquilo que a comunidade acha de mais certo ou errado?”.*

AL9(AU18): *“Não tem também a questão do modismo?”.*

AL17(AU18): *“É preciso ganhar muitos adeptos!”.*

O professor concordou e disse que *“é comum comunidades científicas mais fortes acabarem abafando idéias inovadoras quando essas não são vistas com bons olhos”.* Mas que existem as sociedades e associações nacionais e internacionais que zelam pela coerência das disciplinas. Idéias consideradas científicas devem ter por objetivo a explicação. Para Toulmin, os indivíduos e as associações exercem poder intelectual no desenvolvimento da ciência assim como acontece em qualquer outra esfera humana. *“Para ser um cientista reconhecido tem que publicar muito, fazer divulgação até ganhar crédito”.*

O professor fez um relato sobre a existência e plausibilidade do grande número de revistas acadêmicas no Brasil e no mundo, sobre as questões da qualidade, credibilidade e o processo de classificação desses periódicos.

Na aula seguinte, que foi por nós coordenada durante a primeira metade, sob a inconformidade de alguns estudantes que perguntavam pelo professor, os grupos passaram a construir os mapas conceituais da filosofia de Toulmin.

Um dos grupos havia trazido o mapa já preparado e discutiam conceitos e ligações entre conceitos que não tinham obtido consenso. Outro permanecia nas discussões iniciais e não tinham começado o mapa. Um terceiro grupo tinha traçado o mapa, mas havia dificuldades para identificar os conceitos principais.

De uma maneira geral era possível perceber que alguns conceitos como “mudança conceitual”, “disciplinas”, “empresa racional” ainda geravam certa confusão. Por exemplo, “disciplina” (que para Toulmin é uma empresa racional que envolve as atividades e os procedimentos através dos quais os cientistas trabalham e

fazem algum ramo da ciência crescer) era confundida, por alguns alunos, com regras de conduta.

Fizemos, durante a interação com os grupos, vários esclarecimentos tentando elucidar esses conceitos. O professor, ao chegar, percebeu as dúvidas e retomou as principais idéias de Toulmin. Esses eram momentos em que os estudantes silenciavam e ouviam com muita atenção as explicações. Não saberíamos dizer exatamente o que chamava mais a atenção dos estudantes: se a admiração pelo professor ou se o interesse na compreensão da riqueza de idéias de Toulmin. O restante da aula foi dedicado às discussões nos pequenos grupos.

A essa altura do curso ainda era possível perceber que apenas uma parte da turma se expunha ao grande grupo, os demais se limitavam a ouvir concordando com seu silêncio ou com breves acenos de cabeça. Como já discutido anteriormente, nos pequenos grupos a situação era bem diferente, sentiam-se mais à vontade, falavam espontaneamente, emitiam opiniões, davam idéias de tal forma que suas crenças e visões eram mais facilmente percebidas nesses momentos.

No início da vigésima aula houve uma negociação com o professor, pois os alunos pleiteavam suspender a aula seguinte que aconteceria numa sexta-feira após um feriado na quinta. Como muitos daquele grupo moravam no interior do Estado e como houvesse consenso sobre o pleito o professor concordou. A vibração foi geral.

Muito provavelmente essas pequenas concessões e a forma de ser do professor, contraditoriamente receptivo e exigente, mantivesse o grupo tão unido em torno de sua pessoa. Era visível o carinho e o respeito que os alunos tinham por ele.

Nesse dia não houve voluntários para começar as apresentações dos mapas conceituais da filosofia de Toulmin. O professor preferiu não fazer indicações e pediu para que houvesse candidatos.

Após uma breve pausa o grupo: ALUNO 6, ALUNO 9, ALUNO 10, ALUNO 15 e ALUNO 16 apresentou-se. O ALUNO 15 explicou o mapa, como era do seu estilo, falou pouco e de forma objetiva.

Finda a apresentação, e como de costume, o professor pediu para que os colegas fizessem as críticas com o objetivo de provocar as discussões. Não houve.

O professor fez então alguns comentários e sugestões para melhoria do mapa e comentou sobre a importância das críticas dizendo que *“através delas o sujeito reflete e melhora seu trabalho”*.

O ALUNO 12 que havia feito um mapa individual devido a sua ausência na aula anterior pediu para apresentar. Foi breve, mas conseguiu mostrar uma concepção da natureza da ciência bastante adequada.

Ele finalizou dizendo:

AL12(AU19): *“[...] a ciência tem o aspecto humano e o intelectual e estão ligados à mudança conceitual através da racionalidade”*.

Acreditamos que ele estava convicto disso, pois defendeu essa posição ao ser questionado.

AL6(AU19): *“Sobre a racionalidade, ela tem aspectos intelectuais e humanos?”*.

AL12(AU19): *“Sim. Às vezes o lado histórico e humano torna-se mais acentuado e outras vezes é o aspecto intelectual que é mais importante na tomada de decisões”*.

A racionalidade, segundo Toulmin, tem a ver com a forma como acontece a evolução dos conceitos, e conseqüentemente a evolução da ciência, e depende de aspectos humanos, sociais, econômicos, culturais e históricos.

Uma abordagem explícita dos aspectos epistemológicos e históricos da natureza da ciência na formação de professores não pode prescindir da discussão da visão, ampla e abrangente, de Stephen Toulmin, entendemos.

Destacamos o seguinte diálogo após a apresentação do mapa conceitual da Figura 5.7:

AL6(AU19): *“Por que foi colocado no mapa ‘cientistas’ e ‘população de cientistas?’*”.

AL2(AU19): *“Existem os cientistas e as discussões entre eles é que faz a ciência crescer”*.

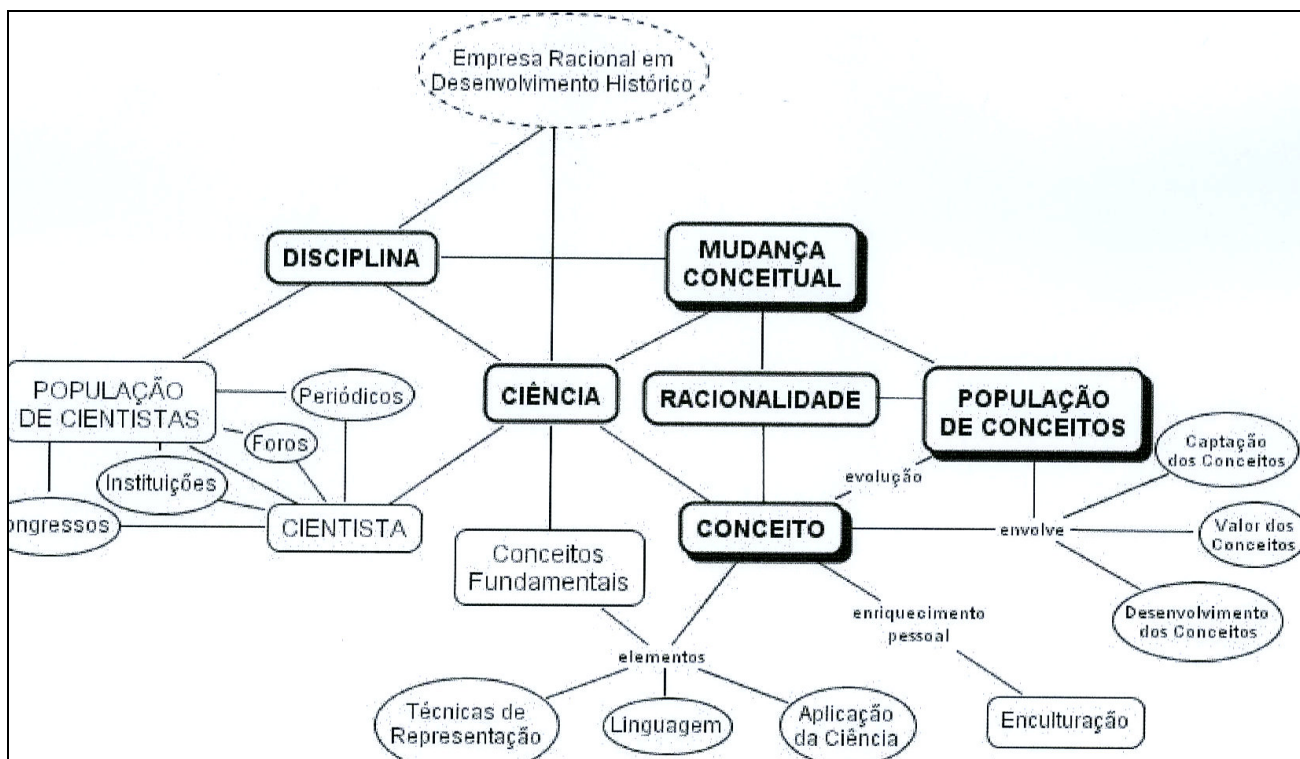


Figura 5.7 – Mapa conceitual da filosofia de Toulmin apresentado pelo grupo: ALUNO 2, ALUNO 11, ALUNO 13, ALUNO 14.

A explicação do ALUNO 2 foi bastante concisa e demonstrou, mais uma vez, uma visão da natureza da ciência alinhada à visão contemporânea. Pode-se perceber do exame do mapa conceitual que houve preocupação com a “simetria”. Isso talvez explique melhor o aparecimento da “população de cientistas” (contraponto à “população de conceitos”). Nas palavras do professor: “[...] os físicos estão sempre buscando simetrias”.

Houve, no decorrer das apresentações, repetidas discussões a respeito da inclusão (ou não) e de destaque (ou não) a determinados conceitos que ora eram considerados principais, ora eram secundários. Se por um lado tais discussões tornavam-se repetitivas, por outro lado abrandavam algumas controvérsias e favoreciam uma espécie de negociação coletiva implícita. No final, pareceu predominar o consenso de que: “conceitos” e “populações de conceitos” em permanente evolução formam as “disciplinas” e estas, por sua vez, formam a “ciência”. Isto é o que há de principal em Toulmin. Quando há caráter explicativo a disciplina é científica. A rapidez relativa da “mudança conceitual”, indispensável para

o crescimento da ciência, depende da existência de “fóruns de discussões” e a “racionalidade” associada ao “processo evolutivo” envolve muitas variáveis, deixando claro que o cérebro humano não funciona através da lógica e/ou analogias, unicamente.

Na aula seguinte foi novamente construído o quadro comparativo, desta vez entre as epistemologias de Bachelard, Laudan e Toulmin. Essa tarefa tinha o objetivo de fixar idéias e incentivar as discussões na esperança de que mais estudantes expressassem seus pontos de vista sobre a natureza da ciência.

A aula daquele dia começou com uma mistura de tensão e expectativa, pois o professor avisou que as tarefas até então realizadas já estavam avaliadas e disponíveis, na mesa do professor, para que os alunos pudessem conferir seu desempenho.

Alguns alunos queriam saber quais os critérios utilizados na avaliação dos mapas conceituais e outros entenderam que seus conceitos estavam abaixo do esperado. Curiosamente alguns nos procuraram para fazer tais queixas. O ALUNO 3, por exemplo, disse que *“não me sinto à vontade para discutir conceitos de avaliação com o professor”*.

Cabem aqui algumas reflexões: 1) o professor era, na opinião dos alunos, *“muito agradável”* e tinha conseguido estabelecer um clima de amizade ao longo dos meses que, segundo Lederman e Druger (1985), são variáveis de sala de aula que favorecem as mudanças. Entretanto, o professor conseguia de forma extraordinária manter um certo distanciamento. Na verdade ele não poupava críticas na hora certa, assim como não omitia elogios sempre que apresentavam bons trabalhos. Esse distanciamento era muito sutil e nunca permitiu que as relações de sala de aula caíssem no “tudo vale”, condição indispensável para o bom andamento da disciplina e, provavelmente origem da falta de intimidade da maioria dos estudantes para discutir suas avaliações, ou fazer suas queixas. 2) outro aspecto bastante evidente é que foi possível constatar que um dos objetivos importantes dos alunos é obter boas notas. A previsão de Villani et al. (1997), já referida anteriormente, de que é *“tarefa*

básica do professor, acoplar seu objetivo, de que seus alunos aprendam, com a meta deles de obter sucesso e diploma” parece se confirmar e se constitui, na realidade, em permanente desafio.

Com relação à construção do quadro comparativo um dos grupos reclamou afirmando que *“se trata de uma tarefa difícil”*. Outro grupo pediu para que explicássemos *“o que são indutivismo e empirismo?”*. Nas discussões não houve consenso sobre a questão do “erro” relativamente à filosofia de Bachelard. Voltou a aparecer a dúvida sobre o significado de “disciplina” em Toulmin. A questão da racionalidade no processo de cognição humana foi muito polêmica.

Tabela 5.2 - Quadro comparativo das filosofias de Bachelard, Laudan e Toulmin, após discussão de sala de aula.

	BACHELARD	LAUDAN	TOULMIN
Principais conceitos?	Espírito científico; Obstáculos epistemológicos; Obstáculos pedagógicos; Perfil epistemológico; Filosofia do Não; Espectro epistemológico (Noção obstáculo)*	Tradição de Investigação; Problemas empíricos; Problemas conceituais; (Progresso científico)*; Rivalidade de teorias: (Teorias)*	Conceitos; População de conceitos; Encultramento; Ciência; Disciplina; Mudança conceitual (Empresa racional)*; Fóruns institucionais.
Qual a metodologia para se fazer ciência ? (visão do cientista)	Superação do erro; Eliminação de obstáculos; Questionamento dos conceitos anteriores; Avanço no espectro epistemológico não muito idealista nem muito realista.	Resolução de problemas; Ciência se faz através de Tradições de Investigação.	Evolução e criação de conceitos dentro das disciplinas; Evolução de conceitos; Discussão de conceitos.
Como a ciência evolui ? (visão do epistemólogo)	Negação do conhecimento anterior (teorias); Questionamento sistemático das teorias; Avanço no perfil.	Coexistência de teorias rivais; Sobrevive a teoria que resolve mais problemas.	Mudanças conceituais evolutivas, contínuas, lineares e não abruptas.
Postura frente à Racionalidade:	Racionalidade é o constante questionamento do conhecimento.	Racionalidade está na efetividade na resolução de problemas.	Racionalidade está na mudança conceitual; No processo evolutivo das teorias.
Características para que uma teoria seja considerada científica:	Primazia da reflexão sobre a percepção; Existência de perguntas não resolvidas.	Eficácia na resolução de problemas: gerar menos problemas conceituais; resolver mais problemas empíricos.	Tem que ser explicativa, discutível,

Implicações para o ensino/aprendizagem?	Questionamento do conhecimento prévio; Imagens em excesso são prejudiciais; Superar as noções obstáculo.	Destaca a importância dos problemas conceituais (não basta ensinar a resolver lista de problemas).	Mudança conceitual é um processo evolutivo; Captação de conceitos.
Quais as principais diferenças, comparativamente ao empirismo/indutivismo?	O avanço do conhecimento científico não passa pela indução.	O avanço do conhecimento científico não passa pela indução.	O avanço do conhecimento científico não passa pela indução.

* Não houve consenso.

A Tabela 5.2 representa o consenso da turma após as discussões de sala de aula. Essa tarefa foi considerada difícil. De fato, trata-se de um grande desafio tentar resumir obras tão vastas e ricas em um único quadro, mas permitiu verificar que idéias relevantes que correspondem a uma visão contemporânea da natureza da ciência ainda não estavam cristalinas nas mentes de muitos estudantes, embora tivessem ocorrido grandes avanços.

Com relação à pergunta *“quais as principais diferenças comparativamente ao empirismo/ indutivismo?”* esperava-se que aparecesse a ‘natureza tentativa e conjectural’ da natureza da ciência. Não apareceu explicitamente, mas apareceu de forma implícita na pergunta *“qual a metodologia para se fazer ciência? (visão do cientista)?”* aonde as respostas foram: *“superação do erro”, “questionamento dos conceitos anteriores” e “evolução e criação de conceitos dentro das disciplinas”*.

Foi possível depreender das discussões que a idéia do erro presente na construção do conhecimento científico, que havia causado tanta resistência, começava a ser aceita. A busca por melhores explicações dos fenômenos naturais é o resultado da constante retificação de erros.

A resposta à questão *“quais as diferenças comparativamente ao empirismo/indutivismo”* foi expressamente de *que “o avanço do conhecimento científico não passa pela indução”*.

Na aula seguinte apresentamos um seminário sobre o enfoque epistemológico de cunho biológico de Humberto Maturana. A filosofia de Maturana está centrada no

observador, definido como uma máquina autopoietica⁶ a partir do qual emerge o mundo que ele pode perceber, compreender e explicar, ou seja, o observador é parte da própria realidade a ser explicada. Assim, a ciência é vista como uma atividade voltada à explicação impecável e rigorosa feita pelos cientistas na condição de seres humanos, sob a emoção da “*paixão pelo explicar*”. Uma atividade que não pode ser desvinculada da emoção e que é afetada por variáveis de natureza social, cultural, política, histórica...

A epistemologia de Maturana coloca o cientista no cotidiano, pois ele próprio é parte de realidade. Esse enfoque não pressupõe uma realidade independente do observador e fascinou alguns alunos tanto quanto chocou a outros.

Na segunda metade da aula o professor esteve presente e acompanhou os debates gerados por duas questões que propusemos com o intuito provocar discussões.

Reproduzimos abaixo a segunda questão e as respostas dadas pelos alunos:

Questão: Qual a principal diferença entre a epistemologia de Maturana e as epistemologias estudadas anteriormente?

MATURANA	BLOCO DOS DEMAIS EPISTEMÓLOGOS
<ul style="list-style-type: none"> - visão voltada para quem faz ciência; - explicador (observador) e ouvinte têm que estar em sintonia; - aprendizagem implica aprender a falar a mesma língua; - não é possível dissociar o observador daquilo que ele quer explicar (o observador é parte inerente da realidade); - emoções (o cientista age sob a paixão de explicar); - ciência associada a explicação e aceitação via critério de aceitação das explicações científicas. 	<ul style="list-style-type: none"> - visão voltada para o fazer ciência; - preocupação em separar o homem da realidade (o mundo existe independentemente do observador); - ciência associada a: predição, quantificação, verificabilidade, testabilidade e/ou falseabilidade.

Figura 5.8 – Quadro contendo aspectos comparativos da filosofia de Humberto Maturana relativamente aos demais epistemólogos estudados na disciplina de História e Epistemologia da Física.

A epistemologia de Maturana encerrou a primeira etapa de atividades da disciplina História e Epistemologia da Física e revelou algumas surpresas. Esperava-

⁶ Autopoietica – que funciona com correlações internas a partir das quais emerge o mundo que o ser pode perceber e explicar, que se auto-regula.

se que no bloco dos demais epistemólogos (comparados a Maturana) a expressão “ciência” lembrasse idéias como: explicação da realidade através da construção de hipóteses; contribuição da criatividade e imaginação do cientista; modelagem da natureza; leis e teorias provisórias, atividade tentativa e cooperativa, transformação evolutiva de conceito, empirismo e indutivismo estão superados, teoria antecede a observação, etc. Porém, foram citadas apenas “*predição, quantificação, verificabilidade, testabilidade e/ou falseabilidade*”. A menos da testabilidade e da falseabilidade, que estão associadas à visão contemporânea da ciência, as demais características citadas aplicam-se perfeitamente ao empirismo e indutivismo. Há de se considerar que essa não foi uma tarefa escrita, os dados foram anotados em quadro negro pelo ALUNO 14 como resumo das discussões orais e o tempo de discussão se restringiu aos trinta minutos finais da aula. Foi um ‘pipocar’ de idéias que fluíram livremente e exatamente isso nos chamou atenção: ciência, para alguns, permanecia associada a algumas idéias positivistas.

A partir da vigésima terceira aula a disciplina passou para uma fase diferenciada. Nos três primeiros meses de curso foram apresentadas, amplamente discutidas e trabalhadas algumas das principais visões epistemológicas contemporâneas.

A segunda fase do curso foi dedicada à História da Física aonde cada dupla de estudantes pesquisou, escreveu uma monografia e apresentou um seminário sobre um período histórico, previamente escolhido.

O objetivo da segunda fase não estava, de forma alguma desvinculado da primeira, pois se esperava ver a História da Física agora sob uma visão contemporânea da natureza da ciência, mesmo porque, todas as epistemologias estudadas até então se baseavam em fatos históricos para justificação das idéias. Portanto, o objetivo foi claramente complementar.

Poderíamos dizer que nossa abordagem, nesta etapa, foi oposta à metodológica que envolveu “*discussões orientadas por textos de Galileu, Newton, Descartes além de textos de especialistas Koyré, Thuillier e outros*” desenvolvida por

Teixeira, El-Hani e Freire (2001). No nosso caso procedemos, primeiro, à apresentação e discussão explícita das diferentes visões epistemológicas, subsidiadas por episódios históricos utilizados pelos próprios filósofos da ciência para justificar suas idéias. Em segundo lugar, apresentação de seminários pelos próprios estudantes, repassando doze dos períodos mais marcantes da História da Física. Nesta fase do curso buscou-se um olhar renovado procurando contextualizar os fatos histórica e epistemologicamente.

As monografias foram elaboradas em dupla e a apresentação foi feita em forma de seminário, também pelas duplas, para que toda a turma pudesse ouvir e discutir a Física e principalmente as controvérsias que aconteceram na época da propositura das teorias mais marcantes de cada período histórico. A ordem dos seminários respeitou a cronologia histórica e o tempo de duração médio foi de vinte minutos e mais dez para as discussões.

A Tabela 5.3 tem o objetivo de mostrar quais os períodos históricos contemplados e a denominação da dupla que apresentou cada um deles.

Tabela 5.3 – Descrição dos períodos históricos e das duplas responsáveis pela monografia e o seminário.

Cronologia	Assunto	Apresentação
Seminário 1	A Física de Aristóteles	ALUNO 6; ALUNO 16
Seminário 2	A Física Medieval	ALUNO15;ALUNO 21
Seminário 3	A Física de Copérnico	ALUNO 8; ALUNO 22
Seminário 4	A Física de Johannes Kepler	ALUNO 3; ALUNO 19
Seminário 5	A Física de Galileu	ALUNO 9; ALUNO 17
Seminário 6	A Física de Renè Descartes	ALUNO20; ALUNO 23
Seminário 7	A Física de Isaac Newton	ALUNO 7
Seminário 8	A Física de Einstein	ALUNO 11; ALUNO 14
Seminário 9	A Física de Neils Bohr	ALUNO 10; ALUNO 18
Seminário 10	A Física dos Quarks	ALUNO 2; ALUNO 13
Seminário 11	A Física de Tudo	ALUNO 12
Seminário 12	A Física e a Segunda Guerra	ALUNO 4

Seminário 1 - A Física de Aristóteles (ALUNO 6 e ALUNO 16)

O ALUNO 16 começou expressando-se desta forma:

AL16(AU23): *“Para Aristóteles a realidade é captada pelas nossas experiências e a observação tem primazia sobre a teoria. Para ele, a ciência é empírica, ou seja, fruto da observação [...] a matéria é contínua e formada pela combinação dos quatro elementos e mais o éter, que formava os objetos celestes. Os objetos celestes eram imutáveis, indestrutíveis e eternos. Cada objeto tinha seu lugar natural [...]”*.

Essa fala demonstrou que o ALUNO 16 teve a preocupação de deixar clara a natureza empirista da Física de Aristóteles o que nos fez acreditar que tinha ocorrido uma tomada de consciência na direção de uma mudança da sua visão.

O ALUNO 6 utilizou um esquema conceitual para apresentar os principais conceitos e explicar como Aristóteles entendia os movimentos (natural e forçado) dos corpos e terminou dizendo que *“a Física de Aristóteles não era ingênua, mas ao contrário, era muito consistente e talvez por isso tenha durado quase dois mil anos”*. Com isso, ele mostrou uma visão bastante reflexiva e amadurecida sobre idéias de Aristóteles, em geral, associadas à Física do senso comum. Outro aspecto interessante foi o emprego do esquema conceitual que não havia sido exigido, mas que apareceu espontaneamente indicando que as práticas desenvolvidas na disciplina deixaram suas marcas.

Seminário 2 - A Física Medieval (ALUNO 15 e ALUNO 21).

Foi apresentado pelo ALUNO 15 devido à ausência do colega nesse dia.

O ALUNO 15 contextualizou com precisão os aspectos sociais, religiosos e políticos, o descaso dos romanos para com a ciência, a preocupação em conciliar a Física de Aristóteles com a Igreja, as invasões, o predomínio do sistema feudal, o declínio das cidades e da vida cultural que marcaram o período medieval e que foram responsáveis pela estagnação intelectual.

Enfatizou a enorme contribuição dos árabes e afirmou que *“pouco se construiu em termos de ciência”* mas que *“a influência dos muçulmanos trazendo da China a*

técnica de produzir papel, realizando a tradução e divulgação dos trabalhos gregos na Europa, etc. foram promovendo a revelação de toda uma construção científica que estava acontecendo nos bastidores” e que culminou com a Revolução Industrial e o Renascimento.

Nas falas do ALUNO 15 apareceu, repetidas vezes, a expressão “construção” ao se referir à ciência significando que sua visão não estava associada a descobertas empiricistas.

Nas discussões apareceu a seguinte pergunta:

AL2(AU23): *“As primeiras universidades eram ligadas à Igreja? Como era conciliada a divisão do conhecimento revelado e do conhecimento científico?”*

AL15(U23): *“A Igreja tentava sufocar o conhecimento científico porque conhecimento gera liberdade e a liberdade dá asas ao questionamento da dominação”.*

Esse posicionamento bastante crítico do ALUNO 15 demonstrou que seu trabalho de pesquisa fora bastante reflexivo e nos fez crer na validade e na importância desse tipo de atividade.

Seminário 3 - A Física de Copérnico (ALUNO 8 e ALUNO 22)

Foi abordada a vida de Nicolau Copérnico, seu gosto pela Astronomia, suas relações com a Igreja e suas crenças metafísicas que o levaram às idéias heliocêntricas.

Embora em nenhum momento tenham referido de forma direta, deixaram implícita a idéia da natureza conjectural das teorias científicas. A teoria heliocêntrica é um potencial exemplo dessa natureza já que a observação do movimento aparente dos astros reforça a teoria rival, ou seja, o geocentrismo (terra no centro do universo). Por que então teria Copérnico lançado suas idéias heliocêntricas?

Nas palavras do ALUNO 8:

AL8(AU23): *“Ele acreditava que o sol era o astro mais importante e por isso deveria ocupar o centro do universo”.*

Houve algumas intervenções:

AL18(AU23): *“Ele colocou o sol no centro e teve que sugerir o movimento de rotação da terra para explicar o dia e a noite”.*

AL17(AU23): *“Copérnico acreditava que o modelo por ele proposto melhor explicava os fatos, pois ele não aceitava uma explicação religiosa para os eventos da natureza”.*

Essas falas tocam na essência da natureza da ciência, senão vejamos:

- a observação por si só não é fonte de conhecimento, pois se assim fosse ela reforçaria o geocentrismo ao invés da nova teoria – o empirismo/indutivismo está superado;

- as idéias que dão origem às teorias científicas são oriundas da imaginação, da criatividade e às vezes de crenças metafísicas, ou seja, são hipóteses conjecturais – caso contrário, Copérnico nunca teria proposto o heliocentrismo;

- a ciência explica a natureza através de modelos científicos que são simplificações coerentes, consistentes logicamente e elegantes – ciência se faz com a cabeça e não seguindo com rigor o método científico.

Essas reflexões se encorajadas na formação de professores de Física muito provavelmente os levariam a repensar suas práticas docentes. Certamente estariam melhor preparados para não solicitarem a seus alunos que descubram as leis dos fenômenos físicos nas atividades de laboratório, mas saberiam explorar todas as vantagens que esse tipo de atividade pode trazer.

Seminário 4 - A Física de Johannes Kepler (ALUNO 3 e ALUNO 19)

O ALUNO 3 falou da educação de Kepler até o momento em que foi convidado para trabalhar com Tycho Brahe, que possuía uma “riqueza de dados astronômicos”. Trabalhando com os dados chegou às “Leis de Kepler” dos movimentos dos planetas.

Destacamos uma parte da fala do ALUNO 19:

AL19(AU24): “... ele não acreditava na idéia vigente de que o universo era constituído de sólidos platônicos e fez várias tentativas de estudar o universo matematicamente, principalmente buscava mostrar uma proporção com as escalas musicais até que teve a idéia de mudar a posição do observador para o sol e aí foi que chegou à sua terceira lei, publicada em 1619, que é a Lei dos Períodos. [...] A proposta de Kepler era a heurística do erro, ou seja, ele procurava sempre corrigir os erros do conhecimento”.

O professor acrescentou o seguinte comentário: “400 anos antes de Bachelard então alguém já havia pensado no erro”.

Esse seminário enfatizou de forma direta a natureza tentativa do conhecimento científico. Um grande número de dados à disposição do cientista não significa necessariamente que ocorrerá avanço da ciência. O conhecimento se constrói criticamente. Não houve reações contrárias da turma ainda que, sabíamos, alguns estudantes mantivessem suas crenças iniciais. De qualquer forma, poderíamos encarar tal comportamento como indícios de uma melhora geral nas visões da natureza da ciência.

Seminário 5 - A Física de Galileu (ALUNO 9 e ALUNO 17)

O ALUNO 9 disse que “Galileu Galilei foi tão importante que é considerado o divisor de águas” na Física. Seus estudos sobre o movimento permanente dos corpos e sua iniciativa de apontar a luneta para o céu abriu novas perspectivas e contrariou os pressupostos aristotélicos mais fundamentais (por exemplo, que a Física do céu

era eterna e imutável ou que os corpos pesados caem mais rapidamente do que os corpos leves) e mudaram a história da Física para sempre.

AL22(AU24): *“É verdade a afirmação de que ele não poderia ter visto as crateras da lua?”*.

AL14(AU24): *“A luneta que ele usava era adaptada para seu olho e ele tinha problemas de visão. Esse é o motivo porque outras pessoas não podiam enxergar o que ele via”*.

AL17(AU24): *“Ele chegou a dizer que a lua tinha atmosfera”*.

O posicionamento do ALUNO 14 e do ALUNO 17 parece evidenciar concepções claramente empiristas e indutivistas na medida em que não abrem mão da veracidade das informações obtidas a partir da observação direta dos fatos como garantia de produção de um conhecimento científico confiável e seguro.

A questão de saber se realmente Galileu viu tudo aquilo que escreveu em suas obras é motivo de muita discussão epistemológica. Feyerabend (1975) acredita que Galileu desenvolveu uma idéia clara de movimento permanente, sem ímpeto, à medida que ele foi aceitando a concepção de Copérnico, e o fez para tornar o movimento de queda livre compatível com a rotação da terra e assim escapar das dificuldades do argumento da torre (por que os objetos caem ao pé da torre se a terra está em rotação?). Argumenta ainda que Galileu possuía reduzido conhecimento da teoria óptica da sua época e que as primeiras observações astronômicas com auxílio da luneta eram vagas, imprecisas, contraditórias e poderiam ser facilmente refutadas. Mesmo assim, Galileu elevou a luneta ao estado de um “sentido superior e mais aperfeiçoado” fazendo crer que os fenômenos telescópicos retratavam fielmente o céu, pois ele tinha poder de persuasão, estilo, plasticidade, elegância e estava movido pelo desejo de provocar a aceitação do ponto de vista de Copérnico.

Entretanto, não é essa concepção que, em geral, os livros didáticos de Física trazem e que acaba gerando visões equivocadas sobre a natureza da ciência nos estudantes. Nesse ponto, concordamos com Niaz e Rodríguez (2002) quando afirmam que os livros didáticos *“raramente enfatizam as controvérsias que algumas teorias físicas tiveram no momento da sua propositura”* e que a discussão dessas

controvérsias deveria fazer parte do currículo da Educação em Ciências, pois a reconstrução desses episódios fornece o contexto em que tais teorias/modelos foram desenvolvidas e estimula os estudantes a compreender o que está sendo ensinado. Talvez mais importante do que isto seja a oportunidade que oferecem de transmitir a idéia de que *“a controvérsia e o debate são parte integrante do progresso científico”*.

Seminário 6 – A Física de Renè Descartes (ALUNO 20 e ALUNO 23)

O ALUNO 20 procurou contextualizar a vida e obra de Descartes, época em que predominava a filosofia escolástica⁷ e disse que:

AL20(AU24): *“A essência da filosofia de Descartes é duvidar de tudo; é famoso pela frase ‘penso logo existo’ onde deixa clara a importância da razão, sob o argumento de que Deus não nos enganaria, portanto, nossa razão é quem pode ter idéias claras e distintas, e então, tudo pode ser construído a partir da razão”*.

Sobre a Física de Descartes o ALUNO 23 disse:

AL23(AU24): *“Descartes formulou leis do movimento, da refração, entre outras. As leis do movimento foram formuladas como uma construção abstrata, a partir da razão... a partir da idéia da continuidade ele explica o movimento: se um corpo se move é porque outro vem ocupar seu lugar e isso o levou a enganar. [...] Hoje se sabe que esta explicação não é condizente com a realidade”*.

Com isso, o ALUNO 23 enfatizou não uma visão empirista de que a observação é fonte primeira do conhecimento, mas contrariamente, uma concepção bastante adequada de que é preciso de alguma forma “checar” com a realidade as teorias construídas racionalmente. Nem os sentidos de um lado, nem a razão de outro, são fontes isoladas e seguras de conhecimento. É preciso confrontar as teorias com a realidade, falseá-las no dizer de Popper ou verificá-las na filosofia de Lakatos.

⁷ Escolástica: filosofia medieval fundada por Santo Tomás de Aquino no último período do pensamento cristão, séc. IX, era caracterizada por uma combinação de elementos de Aristóteles com elementos originários da especulação de textos sagrados.

Essa idéia foi muito bem abordada ao longo do seminário pelos ALUNO 20 e ALUNO 23.

Seminário 7 - A Física de Isaac Newton (ALUNO 7)

Ao falar da vida e educação de Newton o ALUNO 7 destacou que sua genialidade sempre foi movida pela “vontade de aprender”.

Entendemos a ênfase a esse destaque como a manifestação de uma visão da natureza da ciência pelo menos parcialmente correta do ALUNO 7 e absolutamente de acordo com teorias de aprendizagem contemporâneas. Novak citado em Moreira (1999), por exemplo, diz que uma condição para a aprendizagem significativa é que deve haver predisposição para aprender, que está relacionada com a experiência afetiva que o aluno tem no evento educativo.

Sobre a enorme contribuição de Newton para o crescimento da Física o ALUNO 7 assim se expressou:

AL7(AU25): “Durante os anos de 1665-1666 ele voltou para sua cidade, em Woolsthorpe, para fugir da peste bubônica de assolava Londres e foi nesses dois anos que ele teve sua maior produção intelectual: desenvolveu o cálculo infinitesimal, os binômios de Newton, a lei da gravitação universal e sua mecânica do movimento. Porém, não publicou imediatamente seus trabalhos, pois era meticuloso e não gostava de críticas, preferiu antes ter segurança de suas idéias”.

Em nenhum momento o ALUNO 7 referiu que a espetacular criação de Newton havia se baseado em observações sistemáticas dos fenômenos naturais. Mesmo porque isolado em sua cidade natal, longe das universidades não teria tido acesso aos instrumentos e experimentos mais sofisticados disponíveis à época.

Demonstrou assim, que as idéias positivistas de que a realidade empírica se converte no único e verdadeiro objeto de conhecimento através da aplicação rigorosa do método científico e que tudo o mais que não possa se submeter a essas

premissas carece de valor e pertence à fantasia, estão superadas. Sem, no entanto, ter dado a idéia de que Newton não teria feito observações, pois, disse mais adiante que “em 1670 construiu um telescópio refletor para evitar a aberração na observação das estrelas”.

Os “Principia”, principal obra de Newton, que contém as três ‘Leis de Newton’ está baseada em princípios tão gerais (por exemplo: tempo e espaço absolutos; universalização da mecânica celeste e terrestre; força proporcional ao inverso do quadrado das distâncias e gravitação universal) e de tal complexidade para comprovação direta que somente muito tempo depois de sua publicação algumas dessas teorias puderam ser testadas experimentalmente. A enorme credibilidade do paradigma newtoniano veio da sua consistência interna e do fato de ter resistido aos testes experimentais por mais de duzentos anos.

A obra de Newton é tão amplamente divulgada e tão estudada nos cursos de Física que dispensa comentários adicionais que o ALUNO 7 teve o cuidado de não fazer. Porém, o estudo dos aspectos contextuais e históricos de sua proposição fornece aos estudantes a dimensão imaginativa e criativa de sua natureza, uma abordagem que entendemos indispensável nos cursos de Física oferecidos em nossa Universidade, que aliás, pecam por essa omissão.

Seminário 8 - A Física de Einstein (ALUNO 11 e ALUNO 14)

Ao falar da vida e obra de Albert Einstein, tão erroneamente caricaturado pela mídia global, o ALUNO 14 assim se expressou:

AL14(AU25): *“Todas as pessoas, em geral, conhecem Einstein, mas poucas sabem dizer o que ele fez. Verificamos isso através de uma enquete junto aos nossos alunos de nível médio”.*

A Teoria da Relatividade Restrita e a Teoria da Relatividade Geral, entre outras contribuições de Einstein, representaram o exemplo mais típico do que

Thomas Kuhn conceitua como “revolução científica”, ainda que não lhe tenham rendido o Prêmio Nobel.

Sobre isso houve o seguinte diálogo:

AL11(AU25): *“A Teoria da Relatividade não era bem entendida e não havia como comprová-la na época, talvez por isso ele não tenha ganhado o Prêmio Nobel devido a ela”.*

AL4(AU25): *“Surgiram muitos físicos anti-relativistas que tornaram difícil a aceitação da Teoria da Relatividade...”*

Essas falas mostram bem como a controvérsia permeia o avanço do conhecimento científico e também a idéia de que as teorias científicas são criações humanas consistentes e elegantes, mas muitas vezes desvinculadas do mundo empírico. Essa idéia começava a ser bem aceita pelos estudantes, demonstrando uma mudança significativa das suas visões.

Seminário 9 - A Física de Neils Bohr (ALUNO 10 e ALUNO 18)

Na tentativa de contextualizar a Física da época de Bohr o ALUNO 18 disse:

AL18(AU25): *“Naquela época havia o modelo atômico de Thomson e o experimento de Rutherford sobre o núcleo do átomo sugeriu o modelo planetário. Bohr estudou as idéias de Planck da quantização e a fórmula de Balmer das linhas espectrais e percebeu que a fórmula de Balmer podia ser escrita usando a constante de Planck.[...] Em 1913 publica a teoria das estruturas atômicas - seu modelo atômico.”*

Esse seminário foi rico em dados históricos sobre a vida e obra Bohr mas, especialmente, trouxe à discussão a questão dos modelos. As discussões que se seguiram ao seminário deixaram claro o entendimento de que a Física avança através da modelagem dos sistemas físicos.

Uma das contribuições importantes da História e Epistemologia das Ciências, em geral, e da Física, em particular, para uma educação científica significativa e contextualizada e que tem sido freqüentemente defendida na literatura (e.g., Cudmani e Sandoval, 1991) tem exatamente a ver com a necessidade de uma análise crítica das relações entre modelo e realidade.

Cudmani e Sandoval afirmam que *“muitos estudantes não compreendem que a Física, em especial, procede a drásticas idealizações e simplificações da realidade quando constrói as teorias científicas”*. Por ter colocado em discussão esses aspectos o seminário foi particularmente importante além de destacar de forma subjacente a natureza tentativa das teorias científicas.

Ao final daquele seminário:

AL10(AU25): *“Nos EUA ficaram famosas as discussões entre Bohr e Einstein, pois Einstein era um crítico da interpretação probabilística e da impossibilidade de determinação simultânea de todas as variáveis dos sistemas quânticos. Bohr costumava vencer as discussões, mas “Deus não joga dados com o universo”, dizia Einstein. [...] Ele (referindo-se a Bohr) admitia que sua teoria não explicava tudo, era um cientista ativo e aberto a novas idéias...”*

Essa fala trouxe também à discussão os aspectos coletivos e cooperativos da ciência, como vem sendo atualmente praticada, e do avanço ou freio que o pensamento e as crenças individuais e coletivas representam no processo de construção da ciência.

Esse é um aspecto discutido por Toulmin: *“as inovações conceituais do físico individual (por exemplo) são julgadas em relação às idéias comuns que compartilha com o restante dos seus colegas; e pensa criativamente quando dá a sua contribuição para a melhoria desta “física coletiva”* (Toulmin, 1977).

Adquirimos a linguagem e os pensamentos conceituais no curso da nossa educação, nos “enculturamos”, no dizer de Toulmin, e somos também agentes de transformação. Não é admissível que os futuros professores de Física saiam da Universidade acreditando em leis e princípios, físicos (e sociais), fixos e imutáveis,

válidos para todos os homens em todas as épocas e culturas como queria fazer crer a tradição filosófica dominante até o início do século XX.

Seminário 10 – A Física dos Quarks (ALUNO 2 e ALUNO 13)

Através de uma brilhante capacidade de síntese o ALUNO 2 assim se expressou sobre a Física na época em que Gell-Mann propôs a teoria dos quarks:

AL2(AU26): “...a situação na época era a seguinte: havia a Mecânica Quântica – equação de Schrödinger e após, em 1926, Dirac propôs a antimatéria. Em 1933, Pauli postula o neutrino. Em 1935 Yukawa postula a existência do Píon e em 1940 houve o advento do acelerador de partículas. Em 1948, detecção do píon carregado. Em 1956, detecção do neutrino sendo que em 1960 já se tinha cem (100) hádrons catalogados. Para tentar ajeitar esse quadro havia a necessidade de uma classificação das partículas.... Foi então desenvolvido por Gell-Mann um diagrama – o Estudo dos Caminhos Óctuplos – que permitia, além de classificar as partículas já conhecidas, prever novas partículas”.

AL13(AU26): “... à medida que se descobria mais léptons, mais quarks foram sendo propostos por questões de simetria. Só em 1970 provou-se a existência dos quarks...”.

O professor chamou atenção para o fato de que a teoria de partículas é um exemplo muito bom da Epistemologia da Ciência, pois se pode ver com clareza que “teoria vem primeiro e, depois, procura-se comprovar as previsões teóricas”.

A forma de expressão do ALUNO 2 confirmou sua correta visão da natureza da ciência. O ALUNO 13, por sua vez, demonstrava uma significativa evolução nas suas crenças.

A visão da natureza conjectural do conhecimento científico como também da compreensão e aceitação da influência de inúmeras variáveis na criação científica, como, por exemplo, a criatividade e a simetria, foram bem exploradas nesse seminário.

Fayerabend (1975) fala em “anarquismo epistemológico” para manifestar que não existe um princípio único e rígido na construção científica, mas ao contrário, o cientista precisa introduzir novas concepções, diferentes alternativas, comparar idéias novas e antigas e até mesmo alternativas mutuamente incompatíveis.

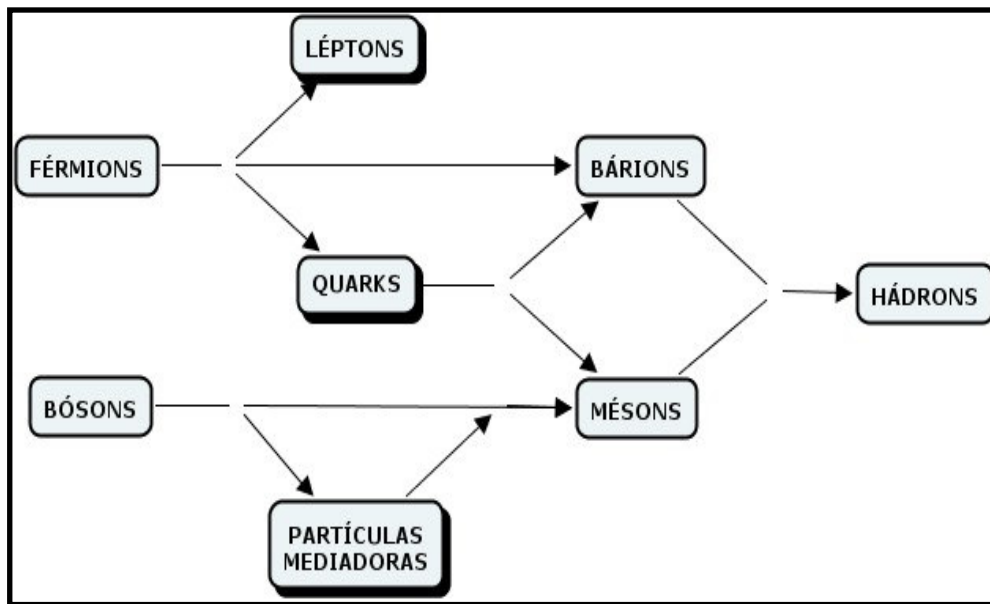


Figura 5.9 – Esquema conceitual utilizado na apresentação da teoria dos quarks.

O ALUNO 2 fez uso de um mapa conceitual para mostrar a classificação das partículas elementares e também de um esquema contendo as interações fundamentais que cada tipo de partícula pode sofrer.

Mais uma vez, pode-se verificar que houve uma mudança positiva com respeito à utilização de elementos heurísticos, como mapas conceituais e diagramas, para facilitar a explicação de conteúdos. Isso fortifica a esperança de que boa parte daqueles alunos serão professores mais abertos em termos de inovações didáticas e estratégias metodológicas.

Seminário 11 – A Física de Tudo – (ALUNO 12)

O ALUNO 12 começou explicando que a teoria de supercordas tenta explicar o que está em aberto nas outras teorias e assim se expressou:

AL12(AU26): *“A situação é que havia duas grandes teorias incompatíveis: de um lado a Teoria de Einstein dizendo que nada pode viajar com velocidade maior que a da luz, então as interações não podem ser instantâneas. Isso levou à hipótese de que o espaço-tempo é curvo próximo a corpos massivos e entre eles existem grandes vazios. De outro lado a Mecânica Quântica que propôs a quantização de energia e outras grandezas físicas... A pergunta é: qual o problema dessas duas teorias? Na relatividade geral o espaço é vazio e linear e só é curvo na proximidade de corpos massivos. Mas, pela mecânica quântica não há vazio, há flutuações quânticas constantes de energia muito grande em curtíssimo intervalo de tempo. A quântica consegue reunir as forças forte, fraca e eletromagnética, mas não consegue explicar a força gravitacional. A teoria de supercordas tenta fazer isso, ... cada partícula elementar seria representada por uma pequena corda de energia. As dimensões dessas cordas são tão pequenas que é impossível detectá-las com os instrumentos que se tem hoje disponíveis...”*

Com isso o ALUNO 12 trouxe, mais uma vez, à discussão a natureza conjectural, hipotética e muitas vezes abstrata das teorias físicas. No dizer de Bachelard, o avanço do pensamento científico ocorre na direção da maior complexidade racional. Ele utiliza a idéia de “perfil epistemológico” para mostrar que a compreensão de um dado conceito se torna mais abrangente e representa um progresso quando evolui a partir do realismo/empirismo na direção do racionalismo dialético (abstrato).

Na Física Moderna as teorias são, inicialmente, abstratas, resultado da criatividade do cientista. Porém, se demonstrada consistência lógico-matemática e capacidade explicativa e/ou preditiva a comunidade científica as acaba aceitando, ainda que só depois de muito tempo venham a ser desenvolvidos aparatos tecnológicos para tentar testá-las.

Essas questões foram sendo discutidas sistematicamente ao longo da disciplina de História e Epistemologia da Física e a essa altura do curso, quase no final do semestre, já não causavam estranheza. Era possível perceber pelas

expressões e falas dos estudantes que a idéia de que “é assim que se faz ciência” era aceita.

O diálogo a seguir exemplifica bem isso:

AL12(AU26): *“... passou a existir no mundo várias comunidades de físicos trabalhando nesse tema e chegou-se a cinco teorias diferentes. Em 1995 num Congresso sobre Teoria de Cordas surgiu a Teoria M (Mãe, Misteriosa) como uma proposta que resolvia o assunto simplesmente acrescentando mais uma dimensão. Ou seja, nosso universo está imerso em multiversos. A Teoria M supõe que as cordas que formam as partículas elementares não são fechadas, mas ambas as extremidades estão presas a uma superfície que seria nosso universo. Dessa forma, explica-se também o “big bang” como sendo o choque de duas superfícies. A força gravitacional é a mais fraca das quatro interações fundamentais e o gráviton pode transitar entre as superfícies em diferentes dimensões.”*

AL2(AU26): *“O gráviton viaja entre dois universos? Então diferentes universos tem as mesmas partículas fundamentais?”*

AL12(AU26): *“Não dá para saber isso, pois não há experimentos e nem equipamentos que tenham detectado o gráviton para ver se ele “some”. A única forma, pela teoria, de se comunicar entre dois universos são as ondas gravitacionais. Para se chegar a um acelerador que fornecesse energia suficiente para poder ver as cordas de energia, ele teria que ter o tamanho da Via Láctea. Acredita-se na supersimetria, assim como para cada férmion há um bóson associado vem a idéia das super-partículas. Essa teoria é muito nova e tem muita gente trabalhando nela. Acho que é a teoria mais linda que vi até hoje. A idéia é encontrar equações boas o suficiente...”*

AL10(AU26): *“Essa nova dimensão foi aceita?”*

AL12(AU26): *“Sim, porque havia cinco teorias independentes que puderam ser juntadas tornando-as partes de uma teoria em uma dimensão maior”.*

O ALUNO 12 não deixou dúvidas do seu avanço na visão da natureza da ciência. Ele apresentou o seminário visivelmente emocionado, deixando aflorar o seu

perfil de cientista aberto e criativo. O ALUNO 12 era estudante de Bacharelado em Física e cursava a disciplina em caráter eletivo junto com a turma de Licenciatura. A influência das discussões em suas crenças e seu empenho e motivação ao longo do semestre nos fizeram crer que a disciplina de História e Epistemologia da Ciência não é importante apenas para a formação de professores de Física, mas também para a formação dos cientistas, pois propicia uma visão mais abrangente do seu próprio fazer científico.

Seminário 12 – A Física e a Segunda Guerra (ALUNO 4)

AL4(AU26): *“De 1918 a 1933 muitos físicos trabalharam para a guerra. Em 1933, Hitler assume o poder na Alemanha e faz uma demissão em massa, mais de 1000 professores foram demitidos, muitos laureados, entre eles Einstein, Schrödinger, Debye, Hertz e outros. De 1933 a 1943 foi o período da ciência de muitas descobertas, modelo de Rutherford, descoberta do nêutron que sugeriu a hipótese de que ele iria um dia liberar forças gigantescas de dentro da matéria. Buscou-se então a reação em cadeia para poder gerar a explosão atômica. Em 1934 Leo Szilard, na Inglaterra, vislumbrou a possibilidade de uma arma de destruição em massa. Fermi bombardeava o núcleo do urânio produzindo novos elementos. Esse feito foi reproduzido na Alemanha por Lise Meitner, Otto Hahn e Fritz Strassman. Usando a equação de Einstein $E=mc^2$ Meitner constatou que a fissão (divisão) de um grama de urânio liberaria energia equivalente a 2,5 ton de carvão. Esta previsão foi confirmada em 1939 [...] Bohr e Rosenfeld vão para os EUA e divulgam o feito dando início a uma corrida científica e política para obtenção da reação em cadeia. Paralelamente à energia atômica, muitas outras descobertas levaram a inventos militares (radar, criptologia, computadores, etc), não só na Alemanha, mas nos EUA, Inglaterra e União Soviética também. Pode-se dizer que os cientistas perderam o controle sobre a aplicação de um invento tão magnífico e desenharam uma arma devastadora: a bomba atômica. O mundo tinha na época dois grandes centros de pesquisa: Haigerlach – na Alemanha e Los Alamos – nos EUA. Em 1943 Oppenheimer assume a direção do Projeto Manhattan, destinado à construção da primeira bomba atômica do mundo, que envolveu aproximadamente 150 mil trabalhadores e 30 usinas*

diferentes...18/06/1945 explosão da 1ª bomba atômica, no Japão ...A Física perdera sua inocência...”

Esse seminário foi particularmente importante porque colocou em discussão os aspectos éticos e morais do fazer científico como também a importância estratégica e política que a Ciência assume em alguns períodos históricos.

No dizer de Stephen Toulmin (1997), “*o homem conhece e também é consciente de que conhece*” e, em consequência disso, à medida que o conhecimento científico se torna mais vasto também deve se tornar mais profundamente reflexivo e a responsabilidade dos cientistas aumenta.

Os valores que são apreendidos pelo indivíduo no meio familiar e que ao longo da educação escolar são cultivados, ratificados ou distorcidos influenciam decisivamente na formação da cidadania. Daí a enorme responsabilidade social que os professores em geral e, particularmente, os professores de ciências assumem perante a sociedade. A formação da cidadania passa inevitavelmente pelos ensinamentos, crenças e visões dos professores. As representações sociais da Física, em geral bastante distorcidas resultam, portanto, de visões inadequadas dos próprios professores.

Ainda que os valores e formas de vida de alguns países possam parecer incomensuráveis com relação a outras culturas, todos somos chamados a zelar pela preservação do nosso planeta e a diminuir as gigantescas desigualdades sociais. O cientista, assim como todo o cidadão, deve buscar a preservação do planeta, a defesa da vida, a valorização do ser humano, o respeito e a ética. E os professores são os porta-vozes da comunidade de cientistas. Daí a importância estratégica da formação de professores críticos e reflexivos.

Outra discussão que esse seminário propiciou foi o debate sobre a influência e importância que assumem na produção do conhecimento científico outras variáveis, além daquelas de caráter acadêmico e intelectual, como por exemplo, as variáveis militares, sociais, históricas, econômicas, políticas, etc..

Para Toulmin (1977), a ciência é uma atividade intelectual humana, historicamente em desenvolvimento, e cuja racionalidade reside nos procedimentos que governam tal evolução histórica. Entende que homens de mente despojada têm qualificação para atuar como juízes ou jurados e que em diferentes culturas e épocas operam com diferentes métodos ou princípios.

Assim, as disciplinas científicas passam por um processo gradual e permanente pelo qual os seus modos teóricos vão se transformando evolutiva e historicamente e abrigados por um conjunto de expectativas e esperanças logicamente coerentes dos cientistas sob a emoção da “paixão pelo explicar” (Maturana, 2001).

A Física, portanto, não se constrói através de entes eternos e imutáveis, o que rechaça definitivamente o indutivismo/empirismo, mas é o resultado da interação do homem, sua época, seus conceitos, seus valores, suas crenças e o mundo aonde vive.

Toda a dinâmica utilizada na disciplina de História e Epistemologia da Física favoreceu enormemente essas discussões e contribuiu, entendemos, de forma positiva para a evolução das concepções dos estudantes, embora, alguns ainda permanecessem com suas crenças bastante enraizadas. Isto nos levou a crer que apenas a disciplina de História e Epistemologia da Física, oferecida em final de curso, talvez não seja suficiente para provocar a necessária mudança.

Moreira (2002), citando Gerard Vergnaud, entende que o conhecimento está organizado em campos conceituais⁸ e que o sujeito leva muito tempo para dominar um campo conceitual, aonde novos problemas e novas propriedades vão sendo estudadas ao longo de vários anos num processo progressivo. Assim, talvez fosse necessário oferecer mais oportunidades ao longo da graduação em Física, particularmente no currículo de formação de professores, para que os estudantes realizem as mudanças desejáveis nas suas concepções sobre a natureza da ciência.

⁸ Campo Conceitual: é um conjunto de conceitos, relações, conteúdos, problemas, situações e operações de pensamento, cujo tratamento requer conceitos, procedimentos e representações de tipos diferentes, mas intimamente relacionados.

Na vigésima sétima aula do curso apresentamos a filosofia de Feyerabend, que fala em “anarquismo epistemológico”, entendido como oposição a um princípio único e fechado a opções alternativas no processo de construção da ciência. Feyerabend entende que fazer ciência requer violações às regras metodológicas e às regras epistemológicas e afirma que os cientistas utilizam como base de suas criações, princípios muitas vezes não conhecidos e irracionais. Tais violações são necessárias ao progresso da ciência, pois permitem introduzir hipóteses novas mesmo que não se ajustem às teorias bem aceitas, ou seja, pressupõe a contra-indução e a contra-regra. Nesse sentido, defende o pluralismo de teorias que possibilite ao cientista fugir da uniformidade de opinião o que, na sua visão, destrói o poder de imaginação.

Destacamos algumas colocações que aparecem após a apresentação:

AL6(AU27): *“Gostei muito das idéias de Fayerabend quando ele diz que é preciso propor hipóteses incompatíveis com as teorias bem aceitas e incompatíveis inclusive com os dados observacionais, para poder ser criativo”.*

AL22(AU27): *“Discordo de Feyerabend quando ele diz que o mundo é grandemente desconhecidoele não tem legitimidade para falar isso porque muito se fez na ciência e não é possível que quase nada se saiba”.*

Enquanto o ALUNO 6 expressou uma visão adequada e aberta, o ALUNO 22 manteve uma postura inflexível sobre o fazer científico, demonstrando uma concepção que faz lembrar a “teoria do balde”, ou seja, a ciência é uma atividade de acumulação de conhecimento correto e infalível porque baseado nos fatos.

Na aula seguinte o professor fez uma avaliação crítica das apresentações dos seminários de História da Física e destacou os aspectos positivos bem como as principais deficiências de cada dupla. A turma ouviu silenciosa e aparentemente auto-reflexiva.

Havia sido colocada, no ambiente virtual TelEduc a seguinte pergunta: *“Você acha que o estudo da epistemologia é importante para sua formação como professor de Física?”*

O exame das respostas indicou que alguns estudantes tinham a preocupação de ensinar a seus alunos as diferentes visões epistemológicas. O professor esclareceu que, não necessariamente os alunos, mas sim os professores precisam conhecer tais visões e tornar claras em suas mentes suas próprias visões a fim de não transmitirem uma idéia distorcida da ciência aos seus alunos. Nas palavras do professor *“as visões de como a ciência progride são muitas e vocês têm que construir suas próprias visões sem adotar uma posição ingênua”*.

Este foi, essencialmente, o objetivo da disciplina História e Epistemologia da Física, ou seja, apresentar as visões contemporâneas da natureza da ciência e de todas as variáveis envolvidas no fazer científico, fornecer elementos para reflexão, gerar conflitos, apresentar paradigmas mais flexíveis e promissores, buscar, enfim, a transformação das concepções dos professores em formação.

Nas últimas aulas da disciplina foram utilizados artigos e reportagens e/ou entrevistas publicadas na imprensa sobre as visões dos próprios cientistas a respeito do seu trabalho, com o objetivo de engajar os estudantes numa análise crítica da natureza da ciência e permitir a discussão de descobertas científicas recentes e interessantes.

Shibley (2003) em uma experiência similar que se estendeu durante todo o curso introdutório de Filosofia da Ciência envolveu o uso de notícias de jornal e artigos publicados no New York Times como *“textos facilitadores à exploração dos estudantes de tópicos atuais da natureza da ciência”*. Em seu artigo, ele conclui que foi uma experiência bem sucedida porque *“a aprendizagem requer reflexão e reflexão necessita de atividades que forneçam aos estudantes a oportunidade de examinar criticamente suas visões filosóficas”*.

Uma das reportagens discutidas na disciplina de História e Epistemologia da Física foi uma entrevista com Joan Ignácio Cirac, sobre Simuladores Quânticos, publicada no jornal espanhol *El País*, 2003.

Destacamos um comentário da discussão que se seguiu:

AL13(AU28): *“Os cientistas não descobrem as coisas independentemente, por acaso, mas é porque muitos cientistas e em diferentes lugares buscam respostas para as mesmas perguntas”.*

O professor frisou que as próprias palavras de Cirac deixam claro que *“primeiro se constróem as teorias, são construções do homem e depois se busca verificá-las através de experimentos”.* Logo, teoria antecede a experimentação e/ou observação.

Foram discutidas, na aula seguinte, algumas das entrevistas do livro *Homens da Ciência* de Alessandro Greco (2001).

A primeira delas com o físico Allan Sokal autor de uma colagem publicada em forma de artigo sob o título *“Atravessando as Fronteiras – Em Direção a uma Hermenêutica Transformativa da Gravidade Quântica”* e que resultou na publicação do seu livro *Imposturas Intelectuais* aonde ele critica fortemente escritos pós-modernos franceses (Lacan, Kristeva, Félix Guattari e outros) acusando-os de terem se apropriado de conceitos e termos físicos e matemáticos para conferir credibilidade a seus textos.

AL22(AU29): *“Por que será que as áreas sociais adotam esta prática?”*

Professor: *“Pelo status que a ciência e a Física adquiriram durante os séculos...”*

AL13(AU29): *“A Física é básica para todas as outras ciências. Até o Direito e a Biologia se baseiam na Física”.*

Ainda que esse diálogo mostre uma posição crítica do ALUNO 13 e ALUNO 22 deixa evidente que crenças equivocadas ainda persistem, senão vejamos: o ALUNO 22 sugere que a adoção dessa prática pelas ciências sociais é ilegal em pleno acordo com Allan Sokal; o ALUNO 13 sugere que a importância da Física se estende para outras áreas do conhecimento. Não questionamos esses pressupostos, mas parece implícito que esses alunos atribuem à Física um *status* mais elevado. Continuariam eles acreditando que as explicações da Física têm maior legitimidade porque

baseadas em fontes seguras (dados experimentais) e em leis fixas e imutáveis? Parece-nos que sim.

Seguiram-se discussões sobre as entrevistas com o físico brasileiro Roberto Salmeron (*“um paradigma profissional, ético e até político, num sentido do termo restrito a uma de suas áreas de interesse: a educação”*) e com o físico americano Murray Gell-Mann (vencedor do Prêmio Nobel na Física por sua descoberta dos quarks).

Em síntese, para Salmeron, transmitir conhecimento é atividade tão nobre quanto trabalhar em pesquisas de ponta. É preciso ensinar ciência desde a infância, mas de modo experimental, não somente com palavras e livros. *“Não conheço nenhum cientista, de nenhum país, que tenha tido um mau curso na escola”*, disse ele.

Gell-Mann disse que o ensino das escolas americanas é fraco. Os americanos apresentam alto índice de analfabetismo científico e isto constitui um paradoxo diante do ensino universitário de altíssimo nível.

Esses temas favoreceram um olhar crítico dos estudantes, apontando deficiências e necessidades de mudanças no sistema de ensino fundamental, médio e universitário no Brasil e também comparativamente a outros países, como os EUA.

AL16(AU29): *“Os americanos têm uma política de longo prazo na educação e nós não temos...”*.

Professor: *“Sim eles têm. E quando detectam que há problemas eles investem muitos milhões em forças-tarefas para corrigir o problema. Existem projetos, recursos e esforços para corrigir os problemas e mudar a situação. BSCS, IPS, PSSC, etc. são exemplos”*.

Diríamos que a preocupação do ALUNO 16 é a conscientização de problemas que definiríamos como externos ao sistema de ensino, pois depende de políticas nacionais. Mas não dá para esquecer que os estudantes de hoje serão os

governantes de amanhã, a decidir os rumos do país e da educação. Daí a relevância dessas discussões.

AL13(AU29): *“O Sr. falou que Licenciatura é uma coisa nossa, mas aqui existe um preconceito entre licenciatura e bacharelado. Eu sinto que existe esse preconceito no corpo docente e discente também. Não queria polemizar, mas apenas fazer um registro”.*

Professor: *“Isso é histórico”.*

AL14(AU29): *“Entendimentos como ‘Por que saber sobre Física de Partículas.... se não vou ensinar isso no nível médio?’ Isso mostra que os próprios alunos da licenciatura contribuem para isso”.*

AL4(AU29): *“Quem não agüenta o tranco do bacharelado muda para a licenciatura...”.*

Professor: *“Acho que este tema é importante. [...] O que está errado é os alunos acharem que não precisam saber isso ou aquilo porque não vão usar. Os professores devem estar vários patamares acima dos alunos, têm que estarem preparados”.*

AL13(AU29): *“O professor têm que sair daqui sentindo-se seguro”.*

AL4(AU29): *“O que acontece é isso mesmo, os alunos se sentem incompetentes”.*

AL11(AU29): *“Depende do aluno se conscientizar de que ele precisa aprender”.*

AL13(AU29): *“O pessoal do bacharelado também deveria ter preocupação com a formação na educação”.*

AL22(AU29): *“A maioria dos professores de Física que estão lecionando por aí deixam muito a desejar. Muitos professores têm outras formações, que não a Física”.*

AL13(AU29): *“O professor tem que sair daqui com boa a formação. Tem que saber se expressar corretamente”.*

AL3(AU29): *“... não tem Física do bacharelado e Física da licenciatura... tem que haver um curso básico que habilite o sujeito a escolher depois seu caminho”.*

AL17(AU29): *“Não concordo com o sistema 3+1. Todos deveriam ter a mesma base”.*

AL4(AU29): *“Aprende-se a forma correta de ensinar, mas a primeira coisa que o professor de Física faz é ensinar da forma errada como todo mundo faz”.*

Fizemos aqui uma extensa reprodução das falas, colocações e discussões que aconteceram nas aulas finais da disciplina História e Epistemologia da Física. Elas demonstram o nível de amadurecimento crítico que os estudantes alcançaram. Observa-se uma espécie de autocrítica dos estudantes com relação a curso de Licenciatura em Física; uma tomada de consciência com respeito à necessidade de o professor estar bem preparado, com sólidos conhecimentos da Física e sobre a Física.

A incompetência a que se refere o ALUNO 4 tem a ver com um pressuposto bastante comum entre os próprios alunos dos cursos de Física, e também de alguns professores, de que o licenciando vai ensinar em escolas de nível médio, ou fundamental, aonde o nível de ensino é bastante baixo, e portanto, não necessita aprender formalismos matemáticos sofisticados e o que é mais grave, não precisa aprofundar seus conhecimentos em disciplinas específicas como: Física-Matemática, Física Quântica, Relativística ou Física de Partículas. Trata-se de uma visão absolutamente equivocada que está, nos parece, nas raízes da estagnação da qualidade do ensino do nosso país.

Não dá para admitir que no século XXI, quando se fala em sociedade do conhecimento e se comemora o Ano Mundial da Física em homenagem aos cem anos da publicação das Teorias de Einstein, ainda não se esteja ensinando Física Moderna nas escolas. Com raras exceções, ainda ensina-se a Física newtoniana como se esse fosse o único paradigma vigente e, além disso, transmite-se uma visão positivista sobre o seu processo de construção e evolução.

Contribui-se, assim, com os altos níveis de analfabetismo científico que faz com que o aluno, bem como o cidadão em geral, fique mais e mais distante das novas idéias e tecnologias da ciência moderna. Reforça-se a visão distorcida a respeito dos cientistas, vistos como seres especiais e desvinculados da vida cotidiana.

As necessárias mudanças dependem, sabemos, da modificação de currículos oficiais. Entretanto, as sementes dessa transformação estão, certamente, na adequada postura e visão dos futuros professores. Um país não se desenvolve sem educação e educação passa necessariamente pelos professores. A conscientização da importância da perspectiva histórica e epistemológica e das implicações sociais da ciência e da tecnologia, em particular da Física, se faz necessária não apenas para tornar as aulas mais atrativas, para contextualizar as controvérsias ocorridas na época da propositura de teorias importantes, para despertar a reflexão e a crítica dos alunos, mas essencialmente porque é preciso construir uma nova visão para podermos compreender (e ensinar) uma Física cada vez mais aberta e atual.

Como afirma o Físico Juan Ignacio Cirac ao falar dos simuladores quânticos, *“a teoria para consegui-lo já está praticamente escrita, e os experimentos para prová-la andam a bom ritmo...”*. Essa afirmação expressa bem a natureza do atual fazer científico, ou seja, constroem-se as teorias e segue-se um imenso trabalho colaborativo para desenvolver sofisticados equipamentos e técnicas buscando verificá-las. Assim, a criatividade e imaginação humanas são ingredientes fundamentais para o avanço do conhecimento científicos e este, por sua vez não é cumulativo, mas é um processo complexo e cooperativo. Longe, portanto, das crenças positivistas que validavam apenas o conhecimento derivado da observação meticulosa e legitimava os “saldos”, através da lógica indutivista.

5.3 Alguns Achados

Nosso estudo pretendeu ser de natureza etnográfica. Na etnografia o pesquisador participa, o mais que pode, do cotidiano do grupo pesquisado; a investigação é conduzida no cenário natural dos eventos, através da observação participativa, com “imersão” na cultura investigada, durante um tempo “suficientemente grande” para contextualizar os dados de uma maneira holística e coerente para descrever “a vida como ela é vivida”. (Ogbu et al., 1988, p.50). Cremos

que tudo isso foi feito e acreditamos que alcançamos a desejada compreensão descritiva contextualizada da “cultura” investigada, ou seja, do cotidiano da sala de aula da disciplina de História e Epistemologia da Física, da Licenciatura em Física da UFRGS, em 2004.

Nosso objetivo foi simplesmente o de chegar a essa compreensão e compartilhá-la através da narrativa minuciosa. Contudo, nesse processo chegamos também a alguns achados que passamos a compartilhar, sem nenhuma pretensão de generalização.

1) A observação participativa, a convivência, as falas, a surpresa inicial, as ações, a análise descritiva e reflexiva que procedemos forneceu-nos elementos para verificar que as concepções iniciais da natureza da ciência daquele grupo de estudantes eram, em sua maioria, inadequadas e fortemente associadas a visões empiristas/indutivistas. Com raras exceções, os estudantes pareciam acreditar que a Física se desenvolvia e se sustentava, ao longo da história, sobre bases sólidas porque assentada na observação e experimentação e, por isso mesmo, dando origem a leis e teorias fixas, verdadeiras e imutáveis.

2) Foi possível perceber que com o tempo e fruto de longas e repetidas discussões das visões epistemológicas do século XX houve evolução significativa das concepções da maioria dos estudantes, mas algumas crenças muito profundas afloravam, vez ou outra, dando indícios de que a mudança é lenta e progressiva.

3) As discussões de sala de aula foram um instrumento importante para a compreensão das novas idéias epistemológicas. Mas é preciso ter presente que é, ao mesmo tempo, um instrumento limitado, pois mesmo com enorme esforço do professor não foi possível fazer com que todos os estudantes participassem delas. Uma breve estatística mostrou que em torno de 70% das falas e intervenções espontâneas ao longo do semestre estiveram concentradas em seis (6) alunos. Os demais tiveram participações esporádicas ou induzidas pelo professor e/ou colegas, ou permaneceram sistematicamente silenciosos.

4) Pôde-se perceber também que a sala de aula é, de fato, um espaço de tensões aonde “*conhecimento é poder*” e isso inibiu muitas vezes os estudantes de manifestarem livremente suas crenças ou mesmo buscarem esclarecer dúvidas.

5) Atividades colaborativas de grupo, seminários, o uso de mapas conceituais foram estratégias que auxiliaram enormemente a superar obstáculos. As discussões nos pequenos grupos foram oportunidades ricas de interação aonde afloravam dúvidas, sugestões, reflexões e as relações sociais ganhavam vida e tornavam-se absolutamente naturais. Em muitos casos constituíram o meio mais eficaz para captar crenças, formas de pensamento e avaliar a verdadeira aprendizagem em curso.

6) Estabelecem-se relações de poder (hierarquia x obediência) e também de confiança na sala de aula, mas elas ocorrem entre professor e estudantes unicamente, de tal forma que outros personagens são *a priori* elementos estranhos.

7) O cotidiano da sala de aula mostrou também que a relação “aluno x professor” é muito maior do que aquilo que prevê o currículo oficial das instituições de ensino. As atitudes, as crenças, o exemplo de vida, os valores morais e éticos, a metodologia, a postura, tudo isso é passado naturalmente aos alunos pelo professor mostrando que existe um currículo oculto e extremamente poderoso à disposição dos professores.

Foi possível perceber que as visões e crenças do próprio professor sobre a natureza da ciência são passadas e interferem de forma decisiva nas concepções dos alunos.

Assim, além do enfoque didático explícito, se queremos que os alunos adquiram novas visões sobre a natureza da ciência é preciso que nós mesmos acreditemos nelas.

Capítulo 6

ENTENDIMENTO DA EVOLUÇÃO DAS CONCEPÇÕES DA NATUREZA DA CIÊNCIA DE ESTUDANTES DE LICENCIATURA EM FÍSICA ATRAVÉS DE UMA DISCIPLINA DE HISTÓRIA E EPISTEMOLOGIA DA FÍSICA

6.1 Introdução

Este capítulo representa a terceira etapa de análise do estudo realizado na disciplina de História e Epistemologia da Física. A disciplina é oferecida no curso de Licenciatura em Física, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, tem carga horária total de 64 horas, com duas aulas semanais de duas horas cada uma. No capítulo 5 fizemos uma análise etnográfica do cotidiano da sala de aula. Neste, o objeto é a análise do conteúdo das monografias individuais elaboradas pelos estudantes sobre algumas das principais visões epistemológicas contemporâneas.

Os alunos pesquisados, como já mencionado na análise etnográfica (capítulo 5), são de nível universitário, em fase final do Curso de Física. Supomos, portanto, que a convivência durante vários anos na vida acadêmica do Instituto de Física, quer tendo acesso aos laboratórios, quer através de bolsas de Iniciação Científica ou simplesmente assistindo aulas, palestras e seminários nas mais diversas áreas de pesquisa em Física tenha fornecido base teórica e maturidade intelectual.

A disciplina, por sua vez, teve o objetivo de: proporcionar uma visão crítica acerca do problema da origem e justificação do conhecimento científico através do estudo da História e da Filosofia da Física e buscar as implicações destas idéias para o ensino da Física, dentro de uma abordagem que incluiu apresentação e discussão de forma explícita das visões epistemológicas contemporâneas, elaboração e apresentação de trabalhos individuais e de grupo, apresentação de seminários sobre a História da Física e elaboração de duas monografias (uma sobre um período da História da Física e outra sobre as visões epistemológicas contemporâneas estudadas). Esta última é objeto da presente análise.

Partimos, então, do pressuposto de que as idéias que os estudantes expressaram nas monografias através de críticas, comentários, opiniões ou nas suas conclusões refletem a maneira como eles vêem a natureza da ciência.

As duas últimas aulas da disciplina de História e Epistemologia da Física do primeiro semestre de 2004 (24/03/04 a 14/07/04), do curso de Licenciatura em Física, UFRGS, na qual realizamos nossa observação participativa para a realização de um *“estudo de caso etnográfico sobre a contribuição de diferentes visões epistemológicas contemporâneas na formação de professores de Física”*, foram dedicadas ao recebimento e correção das monografias sobre as epistemologias de: Karl Popper, Thomas S. Kuhn, Imre Lakatos, Gaston Bachelard, Larry Laudan e Stephen Toulmin. As epistemologias de Maturana e Feyerabend não foram exigidas nas monografias.

A elaboração da monografia constituiu em tarefa individual como requisito parcial de avaliação dos estudantes na disciplina. Foi solicitada no início do semestre de forma que eles tiveram tempo para leituras, consultas e principalmente, de participar das aulas e das discussões de sala de aula. Pressupunha-se, como referido, que estivessem habilitados a apresentar e discutir criticamente essas idéias, bem como de fornecer indícios das mudanças ocorridas nas suas concepções sobre a natureza da ciência e do processo de evolução do conhecimento científico.

Tentando evitar uma análise demasiadamente subjetiva, embora saibamos que a subjetividade é um traço marcante dos estudos qualitativos, utilizamos com abundância citações, às vezes longas, como meio de mostrar de forma objetiva os significados de estados, na verdade, subjetivos. As citações, todas retiradas das monografias, foram intercaladas por interpretações a que chegamos, inevitavelmente influenciadas em alguns momentos pelas percepções captadas na observação participativa etnográfica, que se estendeu por dois semestres.

Salienta-se que para essa tarefa não foi exigida leitura das obras originais dos autores. O material de consulta restringiu-se aos textos de apoio que foram

disponibilizados durante o semestre, alguns preparados exclusivamente para este fim, e que são abaixo descritos:

- A Filosofia da Ciência de Karl Popper: o Racionalismo Crítico, de Fernando Lang da Silveira, publicado no *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Vol. 13, nº 3, p. 197-218, dez/1996.

- A Metodologia dos Programas de Pesquisa: A Epistemologia de Imre Lakatos, de Fernando Lang da Silveira, publicado no *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Vol. 13, nº 3, p. 219-230, dez/1996.

- A Epistemologia de Kuhn, de Fernanda Ostermann, publicado no *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Vol. 13, nº 3, p. 184-196, dez/1996.

- Las Epistemologias de Bachelard, Laudan y Feyerabend, de Marta A Pesa. e Ileana M. Greca, Texto de Apoio nº 5, Programa Internacional de Doctorado en Enseñanza de las Ciencias, Universidad de Burgos, España e Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil, 2000.

- *Epistemologias do Século XX: Popper, Kuhn, Lakatos, Bachelard, Laudan, Toulmin, Maturana e Feyerabend*, de Neusa Teresinha Massoni, Texto de Apoio ao Professor de Física, Vol. 16, nº 3, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, ISSN 1807-2763, UFRGS, 2005.

- *A Epistemologia de Karl Popper*, Texto de Apoio preparado por Marco Antonio Moreira para a disciplina História e Epistemologia da Física do currículo de Licenciatura em Física da UFRGS, Porto Alegre, 2004. Versão preliminar.

- *A Epistemologia de Lakatos*, Texto Apoio preparado por Marco Antonio Moreira para a disciplina História e Epistemologia da Física do currículo de Licenciatura em Física da UFRGS, Porto Alegre, 2004. Versão preliminar.

- *A Epistemologia de Bachelard*, Texto de Apoio preparado por Marco Antonio Moreira para a disciplina História e Epistemologia da Física do currículo de Licenciatura em Física da UFRGS, Porto Alegre, 2004. 10p. Versão preliminar.

- *La Epistemologia de Laudan*, Texto de Apoio preparado por Marco Antonio Moreira para a disciplina História e Epistemologia da Física do currículo de Licenciatura em Física da UFRGS, Porto Alegre, 2004. 9p. Versão preliminar.

- *La Epistemologia de Toulmin*, Texto de Apoio preparado por Marco Antonio Moreira para a disciplina História e Epistemologia da Física do currículo de Licenciatura em Física da UFRGS, Porto Alegre, 2004. 12p. Versão preliminar.

Todos os textos fornecidos aos estudantes correspondiam a diferentes interpretações das obras originais mais relevantes dos filósofos da ciência discutidos e, visavam fornecer elementos para que os estudantes, de posse de um leque de diferentes interpretações, se sentissem motivados a construir e expressar suas próprias visões.

As monografias foram examinadas e avaliadas, mas não foram devolvidas aos estudantes, pois constituíram material de análise para a nossa pesquisa. O principal motivo para esta decisão foi que no momento da sua elaboração, final do curso, os estudantes já tinham discutido longamente as diferentes visões, suas convergências, divergências e as implicações para o ensino de Física. Esperava-se, como já referido, que estivessem habilitados a expressar seu entendimento e dar indícios das possíveis influências ou mudanças que o estudo dessas idéias causou nas suas próprias visões da natureza da ciência.

6.2 Análise e Resultados

Para distinguir as citações e declarações dos estudantes extraídas das monografias daquelas colhidas em sala de aula, fizemos uso de siglas diferentes das utilizadas até aqui. Foram utilizadas, nesta etapa, siglas do tipo MN(AL1) que significa citação extraída da “monografia do ALUNO 1”.

As monografias foram analisadas uma a uma e após essa análise buscamos construir categorias que pudessem fornecer um espectro de todas as percepções obtidas, e de alguma forma demonstrar a influência do estudo da História e Epistemologia da Física.

Monografia do ALUNO 1.

O ALUNO 1 desistiu da disciplina aproximadamente um mês e meio após o início do curso. Participou de algumas atividades de grupo que foram discutidas na análise etnográfica, capítulo 5, mas não elaborou monografia e por esse motivo não fez parte desta etapa da análise, embora tenha sido incluído na quarta e última etapa, uma vez que aceitou responder a entrevista.

Monografia elaborada pelo ALUNO 2.

O ALUNO 2 teve uma participação ativa nas aulas e nos debates através de críticas, questionamentos e reflexões bastante consistentes. Foi propulsor em muitos momentos de discussões importantes e demonstrou sempre uma visão aberta e alinhada às visões epistemológicas contemporâneas.

Na introdução da sua monografia ele sintetizou uma das críticas comuns encontradas na literatura ao dizer que:

MN(AL2): *“Ao analisarmos livros de Ensino Médio é possível verificar um grande número de autores adeptos à concepção empirista/indutivista...”*

Esse fato é agravado quando verificamos essa concepção aceita e divulgada no meio universitário e científico. E desta maneira os estudantes de graduação em ciências (Física, Química, Biologia,...) são lecionados de maneira errônea e acabam por aceitar esta idéia.” (p.2).

Impecável a crítica do ALUNO 2 uma vez que este, aparentemente, ainda é o cenário mundial com relação às visões epistemológicas passadas tanto pelos

professores quanto pelos livros didáticos, no meio escolar e também no meio universitário, e seu lento processo de mudança tem sido alvo de muitos trabalhos acadêmicos.

Críticas nessa linha são comuns na literatura (e.g., Lederman et al. (1998); Lederman et al. (2002); Ryder et al. (1999); Ogunniyi (1982); Marsh e Wang (2002); Solomon et al. (1992); Prado (1989); Matthews (1995); Sandoval, Cudmani e Madozzo (1995); Villani et al. (1997), entre outros).

Com relação a Popper disse que:

MN(AL2): *“A epistemologia de Popper, porém, trouxe duas grandes contribuições para o ensino: o experimento cru não é fonte de conhecimento e nenhuma teoria pode ser dada como verdade absoluta. Todo conhecimento é uma construção da mente do ser humano e como tal pode não ser o melhor modelo, ou nas palavras de Popper pode não ser a melhor conjectura, mesmo já tendo sido falseada.”* (p. 9).

Essa afirmação mostrou bem sua concordância com as idéias da Popper, principalmente com relação à natureza conjectural e provisória do conhecimento científico.

Sobre as implicações da filosofia kuhniana no ensino de ciência afirmou que:

MN(AL2): *“Hoje é sabido que os alunos quando chegam em salas de aula apresentam as famosas CAs (Concepções Alternativas). Ou seja, eles já apresentam, na linguagem kuhniana, um paradigma. [...]*

...esperamos causar uma crise em seus paradigmas “forçando-os” a procurar novas respostas, podendo, até mesmo, mostrar-lhes que estas respostas fazem parte de um paradigma cientificamente aceito.” (p.14).

Aqui, não deixou dúvidas do seu elevado grau de conscientização quanto à possibilidade de utilizar as visões epistemológicas apreendidas para a modificação das práticas didáticas, tornando-as mais eficientes.

Relativamente às idéias de Laudan (Larry Laudan entende que os problemas são o ponto central do pensamento científico e as teorias são o resultado final) disse que:

MN(AL2): *“Podemos afirmar que a principal contribuição de Laudan para o Ensino de Ciências é a introdução do conceito de Problemas Conceituais. Na idéia da maioria dos alunos a Física (e outras ciências) é empirista. Este novo conceito traz à tona uma crítica à idéia que estes alunos trazem. Para que serve um Problema Conceitual se as ciências são empíricas? Desta maneira temos outra arma para combater essa concepção trazida pelos alunos”.* (p. 27).

Nesta afirmação o ALUNO 2 pareceu reforçar sua preocupação com as visões epistemológicas inadequadas sistematicamente passadas aos estudantes uma vez que, segundo ele, *“na idéia da maioria dos alunos a Física (e outras ciências) é empirista”*. É possível destacar aqui dois aspectos importantes: 1) parece implícito que, desde a sua óptica, a Física, e também outras disciplinas, não é uma ciência empirista, pois deixou claro que se trata de uma construção humana; 2) ele conseguiu vislumbrar, via visão epistemológica que uma profunda abordagem de “problemas conceituais” pode se constituir em uma promissora estratégia didática, capaz de *“combater essa concepção”*, como ele próprio afirma.

Ficou, dessa forma, visível a contribuição da disciplina de História e Epistemologia da Física no sentido de torná-lo um professor mais reflexivo.

Nossa convicção ficou ratificada na seguinte afirmação, com relação às idéias de Toulmin:

MN(AL2): *“Provavelmente esta seja uma filosofia complexa demais para ser abordada no Ensino Médio. Mas, é definitivamente um pré-requisito para qualquer aluno de graduação em um curso de ciências da natureza, de modo a prepará-lo para a Comunidade que está esperando-o.”* (p. 33)

Da sua conclusão vem que:

“Nosso objetivo aqui não é afirmar qual destes epistemólogos está correto (ou mais correto) em sua maneira de ver a evolução do conhecimento ou até

mesmo a evolução da ciência, mas sim dar ferramentas para que seja possível uma crítica ao empirismo-indutivismo praticado no ensino de ciências, tanto no Ensino Médio quanto no Ensino Superior. [...]

Agradecimento especial aos professores ... (referindo os professores da disciplina) por esta oportunidade.” (p.35).

Entendemos que essas declarações finais afirmaram de forma contundente a importância que o ALUNO 2 atribuiu ao estudo das diferentes visões epistemológicas contemporâneas para a formação, não apenas de professores de Física mas para “qualquer aluno de graduação em um curso de ciências da natureza”, como ele próprio enfatizou. Ficou também evidente que a superação do empirismo/indutivismo, uma visão inadequada e comum nas escolas e universidades, ocupou posição central nas suas reflexões. Sua gratidão “pela oportunidade”, como ele asseverou, mostra, a nosso ver, algo mais do que um simples reconhecimento, mas uma preocupação com aqueles que não tiveram essa mesma oportunidade.

Outro aspecto positivo da influência da disciplina foi que ao final da discussão de cada filósofo ele apresentou um mapa conceitual (construído em conjunto com seu grupo em sala de aula). Esta atitude, por si só, revelou a possibilidade de integração desse novo instrumento como estratégia didática.

Monografia elaborada pelo ALUNO 3.

O ALUNO 3 foi exemplarmente dedicado, participativo e reflexivo durante todo o semestre. Detentor de uma concepção visivelmente alinhada, em vários aspectos, à visão contemporânea sobre a natureza da ciência era conciliador e particularmente preocupado com sua (boa) formação como professor de Física.

Já na introdução da monografia deixou clara sua posição:

MN(AL3): “*Nos dias de hoje a concepção empirista-indutivista tem se propagado através dos livros de ciência. Esses livros apresentam a ciência como sendo a descoberta de leis a partir de experimentos bem sucedidos. Da mesma forma em nossa*

formação superior, alguns professores apresentam a ciência a partir desta mesma visão. [...]

Particularmente não acreditamos na visão empirista-indutivista...” (p.2).

Desta forma, ratificou as críticas já apresentadas pelo ALUNO 2 no sentido de que existe e é fortemente difundida a visão empirista-indutivista, tanto pelos livros didáticos quanto pelos professores, nos diferentes níveis de ensino. Afirmou claramente que não acredita nessa visão.

Ao apresentar as idéias de Popper disse que:

MN(AL3): *“No desenvolvimento da ciência não existe uma “receita de bolo” para se chegar a descobertas. A formulação de teorias não segue um caminho estritamente lógico, pelo contrário, envolve aspectos não completamente racionais.” (p.4).*

Demonstrou assim, que não acredita no método científico como “o método” de fazer ciência ao admitir que componentes não racionais contribuem de forma importante nesse processo. Acredita que teoria antecede a observação ao afirmar, mais adiante, que *“qualquer observação que seja feita terá uma teoria envolvida, seja nos aparelhos que utilizarmos ou até mesmo nos órgãos dos sentidos” (p.5).*

Conseguiu expressar de forma satisfatória aspectos diferenciados entre diferentes visões epistemológicas ao afirmar:

MN(AL3): *“Esse processo de mudança de programa (referindo-se aos programas de pesquisa de Lakatos) não é rápido, existem casos de cientistas que trabalham, simultaneamente, em mais de um programa. Neste caso a idéia de incomensurabilidade proposta por Kuhn se torna insustentável. (p.12).*

Demonstrou visível influência das discussões de sala de aula ao referir-se às implicações das idéias de Bachelard no ensino:

MN(AL3): *“A filosofia desse autor parece mais moderada e equilibrada. Ele prega que tanto o empirismo quanto o racionalismo, e tanto o conhecimento comum quanto o científico, quando levados ao extremo, constituem-se obstáculos epistemológicos.” (p.13).*

Expressou de forma contundente que a ciência é uma atividade contextualizada e carrega as marcas de seu tempo na seguinte assertiva:

MN)AL3): *“É interessante notar que um problema de uma época pode deixar de ser problema em outra posterior. Isso porque os problemas representam suposições acerca do que acreditamos estar ocorrendo no mundo hoje. Laudan defende a idéia de que não existe problema empírico livre de teoria. Isso porque eles dependem do modo como vemos o mundo.”* (p.19).

Essa postura pareceu confirmada, mais adiante, ao falar das idéias de Toulmin:

MN(AL3): *“Ao analisarmos as diferentes épocas veremos que as atividades intelectuais humanas não acontecem de forma desordenada. De um modo geral elas ocorrem a partir de “disciplinas” bem definidas, tendo cada uma delas sua população de conceitos, seus métodos, e objetivos fundamentais.*

Nessas disciplinas é possível verificar uma clara evolução ou inserção de novidades. Apesar disso é possível distinguir uma disciplina ao longo do tempo, pois ela mantém a coerência e continuidade.” (p.21).

Percebe-se que a idéia evolutiva é facilmente aceita pelo ALUNO 3 pois admitiu que apesar de manterem continuidade e coerência as disciplinas admitem as novidades de seu tempo.

A respeito das implicações das diferentes visões epistemológicas no ensino de ciências assumiu claramente uma postura que acredita que as visões dos professores influenciam as visões de seus alunos de forma decisiva, conforme se pode ver na seguinte afirmação:

MN(AL3): *“Mas de tudo isso o importante é os professores saberem que não encontrarão alunos que seguem a doutrina de Toulmin ou de Popper e sim que os moldará conforme sua visão. Que precisará agir de forma aberta à crítica e de modo a não creditar somente à experiência as maravilhosas teorias que temos hoje.”* (p. 24).

Sobre a importância desse estudo manifestou-se de forma objetiva na sua conclusão:

MN(AL3): *“Vimos, ao longo do estudo deste tema, a descrição de posturas e situações que enfrentamos no nosso convívio estudantil, e que se fazem mais claras e compreensíveis à luz das epistemologias.*

Talvez tenhamos maior afinidade com um ou outro autor, mas de cada um deles se aprende um pouco. Dessa miscigenação de conceitos nasce um olhar mais crítico e uma compreensão maior no que se refere à ciência e ao seu ensino.” (p. 25) .

Atestou assim, que atribuiu relevante importância ao estudo explícito de diferentes visões epistemológicas, associando-as a aspectos reais da vida acadêmica, e fazendo supor que teve grande contribuição para tornar sua própria visão mais abrangente e, principalmente, para a formação do que ele chama de *“um olhar mais crítico”* com relação à formação e às questões do ensino de Física.

Monografia elaborada pelo ALUNO 4.

As contribuições do ALUNO 4 nas discussões de sala de aula, nos pequenos grupos e as posições assumidas nas apresentações das tarefas não deixaram dúvidas de que ele aceitava com naturalidade a provisoriidade e o caráter conjectural do conhecimento científico e tinha, desde o início da disciplina, uma visão bastante adequada da natureza da ciência. Ele concordava com as bases da crítica contemporânea ao empirismo/indutivismo avançando, às vezes, com reflexões aprofundadas.

Evidência da importância por ele atribuída a este estudo pode ser percebida na seguinte afirmação:

MN(AL4): *“Sendo a epistemologia a luz da razão [...] este modesto trabalho busca externar a evidência de uma aprendizagem significativa sobre os aspectos principais dessas teorias.” (p.6).*

Essa assertiva, retirada da introdução da sua monografia, mostrou que o aluno tinha consciência de que havia tido uma aprendizagem significativa⁹ por efeito da disciplina e também da importância que a epistemologia assume na compreensão do processo da ciência. De fato, a melhor chance de ocorrer aprendizagem significativa acontece quando já existem idéias adequadas na estrutura cognitiva do estudante de tal forma que ao lhe serem apresentadas novas visões elas interagem melhorando e tornando as concepções mais elaboradas, diferenciadas, estáveis (Ausubel, 1978). Assim, é possível que o aluno tivesse consciência também da sua visão adequada da natureza da ciência, tendo a disciplina, contribuído para o aprimoramento desta visão.

Referindo-se à filosofia de Popper disse:

MN(AL4): *“E essas explicações a partir de lógicas dedutivas mais profundas são em primeira instância “conjecturas” a qual deverá ser testada (sic), logo uma teoria boa é aquela que consegue dar conta destes testes...”* (p.7).

Aqui, destacou a importância da lógica dedutiva (provavelmente rechaçando a lógica indutiva) e da testabilidade das teorias consideradas científicas. Mas o que é mais importante é que ele assumiu pacificamente que as explicações científicas são conjecturas.

Com relação a Kuhn, disse que:

MN(AL4): *“A fase de transição de um paradigma antigo para um paradigma novo não acontece levando se (sic) em conta teorias do paradigma antigo, assim não é um processo que se acumula de um paradigma novo.”* (p.13).

Nesta afirmação pareceu entender a ciência como algo mais complexo do que acumulação de explicações e teorias, e que, de quando em quando, o processo se renova, revoluciona suas bases e dá origem a novos conceitos, novas maneiras de ver o mundo, novos paradigmas enfim.

⁹ Ausubel et. al, (1978), define aprendizagem significativa como o processo de interação entre o novo conteúdo e aquele que já existe na estrutura cognitiva do indivíduo, dando origem a uma estrutura mais altamente diferenciada.

Essa idéia é ratificada na página 19, ao se referir às idéias de Bachelard:

MN(AL4): *“De acordo com a epistemologia de Bachelard, pode-se dizer que o desenvolvimento do conhecimento científico não é contínuo, (apresenta) uma ruptura com conhecimento já adquirido (ilusão), um rompimento com o conhecimento científico (comum).”* (p.19).

Mostrou-se reflexivo e de visão aberta com relação à contextualização da ciência e das responsabilidades do professor na transmissão dessas idéias, conforme destacamos a seguir:

MN(AL4): *“O professor deve mostrar a ciência como um conhecimento em evolução no qual fazemos parte de uma época ... é pela evolução reflexiva das idéias que poderemos (dizer) de “não”...”* (p. 25).

Na sua conclusão ele afirmou que:

MN(AL4): *“... na ausência de um pré-conceito, o indivíduo observa e entende segundo seus estímulos (intuição). Enquanto que buscando analisar, o indivíduo passa a compreender segundo a uma lógica racional, segundo seus conhecimentos e capacidade de interpretação.”* (p.36).

Ao final da sua monografia chamou atenção, apropriadamente, para uma das mais fundamentais críticas ao empirismo/indutivismo, que é consenso entre os diversos filósofos da ciência contemporâneos, de que a teoria precede a observação, ou seja, não há observação ou experimentação livre de pressupostos teóricos e é exatamente essa *“capacidade de interpretação”*, como ele chama, que permite que diferentes cientistas interpretem diferentemente um mesmo conjunto de dados.

“O que um observador vê, isto é, a experiência visual que um observador tem ao ver um objeto, depende em parte de sua experiência passada, de seu conhecimento e de suas expectativas.” (Chalmers, 1999, p. 49).

Assim, foi possível perceber que a disciplina de História e Epistemologia da Física contribuiu para lapidar uma visão já bastante adequada que o ALUNO 4 tinha da natureza da ciência, tornando-o mais crítico.

Monografia do ALUNO 5.

O ALUNO 5 desistiu da disciplina na fase inicial do curso. Não foi, portanto, objeto de análise em nenhuma das etapas desta pesquisa.

Monografia elaborada pelo ALUNO 6.

O ALUNO 6 manifestou ao longo do semestre uma visão em muitos aspectos convergente com as visões epistemológicas contemporâneas. Elaborou uma monografia bastante completa marcada por críticas bem estruturadas que, pelo que se pôde observar, definiam uma postura consciente e não apenas críticas isoladas.

Ao dizer, na sua introdução, que *“por mais que se tente negar, não podemos fechar os olhos para o fato de que o conhecimento científico é cunhado a partir da mente humana e da observação da natureza”*, (p.1), forneceu fortes pistas dessa postura.

Iniciou sua monografia apresentando o indutivismo ingênuo e as críticas mais contundentes feitas a ele pela epistemologia moderna, e terminou esse capítulo dizendo que *“por estas e outras razões, o indutivismo falha ao tentar descrever a natureza da ciência”*. Com isso, tornou seu trabalho mais abrangente e deixou clara uma concepção contrária à visão empirista/indutivista.

Ao falar de Popper disse que:

MN(AL6): *“... hipóteses (expectativas) que orientam a observação que é, portanto, seletiva. Esta observação não é a fonte do conhecimento, ela é determinada pelos conhecimentos prévios existentes na mente do observador oriundos de um conhecimento anterior.”* (p. 7).

Deixou patente sua visão contrária ao indutivismo ao afirmar expressamente que *“observação não é fonte de conhecimento”*.

MN(AL6): *“Na verdade, não podemos atrelar o progresso da ciência apenas ao falseamento de teorias (falsacionismo ingênuo). Teorias bem fundamentadas, que são corroboradas, são fundamentais para o desenvolvimento do pensamento científico.”* (p.8).

Nessa declaração mostrou uma concepção que ultrapassa o falsacionismo ingênuo, indo além, acreditando que os cientistas na verdade não buscam apenas refutar teorias, mas que as confirmações são sempre bem-vindas.

Ao encerrar o bloco dos três primeiros epistemólogos (Popper, Kuhn, Lakatos) afirmou que:

MN(AL6): *“Assim a ciência avança com a existência de programas concorrentes. Programas regressivos são substituídos por programas progressivos. Esta substituição não é revolucionária como a proposta por Kuhn, ela (sic) feita sobre um conjunto de insucessos de um determinado programa. Lakatos acredita que esta sucessão tem um caráter racional muito forte, contrariando a idéia de “fé” de Kuhn. Para Lakatos o cientista analisa os sucessos do programa rival progressivo, faz um comparativo, e então escolhe (uso da razão) abandonar, mesmo que temporariamente, o seu programa regressivo. Esta sucessão é lenta, da mesma forma que um programa atingir o status de “progressivo” ou “regressivo” implica num processo gradual (extenso).”* (p.14).

Mais uma vez mostrou sua capacidade de articulação das diferentes visões da natureza da ciência dando evidências de um processo interior de aprendizagem significativa e amadurecimento da sua própria visão.

Ao falar de Bachelard:

MN(AL6): *“A metodologia para se fazer ciência é através da superação do erro, eliminado-se obstáculos e questionando-se conceitos anteriores. Através do questionamento sistemático das teorias, podemos negar o conhecimento anterior, e desta forma a ciência progride.”* (p.15).

Aqui, conseguiu captar corretamente a metodologia proposta por Bachelard para explicar o avanço da ciência.

Sobre as implicações da Epistemologia no ensino de Física o ALUNO 6 demonstrou ter retirado importantes lições desse estudo, como podemos ver a seguir:

MN(AL6): *“A partir do estudo dos seis epistemólogos abordados acima, podemos obter várias contribuições para o ensino de física, mais especificamente para a formação de um senso crítico bem embasado por parte do professor.*

O primeiro ponto que devemos lembrar é que a Física é uma ciência em desenvolvimento, o que não é passado ao estudante do ensino médio. [...]

Precisamos convencê-los de que nossos modelos são mais eficientes do que os que eles trazem consigo (concepções alternativas). Porém, não existe uma fórmula para isso. Teremos que adequar nossos “métodos” de acordo com a realidade da escola e dos alunos que temos no momento. Afinal de contas, eles são produtos de um meio, portanto temos que levar em conta suas crenças, ideais e realidade sócio-financeira. Um discurso único por parte do professor não faria sentido. [...]

Muitas vezes nosso discurso sobre “leis da física” não fará sentido para nossos alunos. É preciso despertar seu “espírito científico”, fazê-los questionar, comparar suas idéias e o modelo por nós apresentado. Temos que mostrar a Física fazendo sentido para eles. A solução para isso, não está apenas no uso de laboratórios sofisticados, computadores rápidos, softwares animados, mas sim na reflexão do professor e de todos aqueles responsáveis pela educação neste país...” (p.23/24).

Da conclusão destacamos:

MN(AL6): *“Esta reflexão nos faz tomar consciência do nosso trabalho como “formadores de opinião”. Portanto, a postura que tomamos frente a um grupo de alunos deve ser a mais sensata possível, sempre visando o enriquecimento do senso crítico deles. Pois o conhecimento científico não é a verdade absoluta, mas é um dos mais valiosos tesouros da humanidade. Graças a ele, temos toda uma “tecnologia”, um mundo globalizado, e uma expectativa e qualidade de vida muito maior que há alguns séculos atrás.” (p.25).*

O ALUNO 6 não deixou dúvidas de que sua compreensão geral sobre as idéias epistemológicas foi ampliada consideravelmente por efeito da disciplina, ainda que sua visão inicial já fosse parcialmente adequada. A longa transcrição das

considerações finais da sua monografia mostrou que, provavelmente, a contribuição mais significativa do estudo foi no sentido de torná-lo extremamente reflexivo com relação à necessidade de os professores de Física passarem a seus alunos visões adequadas da natureza da ciência, a necessidade de modificarem seus métodos didáticos e, o mais revelador, a conscientização da responsabilidade social dos professores como “*formadores de opinião*”, que efetivamente são. Sem dúvida, essas foram constatações muito gratificantes e recompensadoras.

Monografia elaborada pelo ALUNO 7.

O ALUNO 7 sempre demonstrou preocupação com a sua própria formação. Sempre receptivo e aberto às novas idéias, demonstrou, desde o início da disciplina, uma visão parcialmente adequada, em particular com relação à provisoriedade do conhecimento científico. Parecia acreditar que as leis e teorias mudam com o tempo e que, portanto, não expressam a verdade absoluta sobre a natureza.

Apresentou uma monografia completa relativamente ao conteúdo e à forma.

Sobre a importância desse estudo disse, na introdução, que:

MN(AL7): “...a filosofia da ciência não é muito difundida, inclusive entre universitários que estudam determinada área de conhecimento, como a Física. Isso é bastante contraditório, afinal, é indispensável para estes saber como funciona a ciência, como alguns pensam que são criadas e derrubadas as diversas teorias que por longo tempo vêm tentando dar conta de explicar o mundo que nos cerca.” (p. 4).

Essa declaração é auto-explicativa com relação à crítica que aluno fez à falta de difusão da epistemologia, entendendo seu estudo como “*indispensável*” para uma formação acadêmica mais abrangente.

Justificou sua posição crítica, mais adiante, ao falar do empirismo/indutivismo:

MN(AL7): “Afinal, desde que se inicia o estudo da Física, as leis e as fórmulas são apresentadas, inclusive nos livros didáticos, como obtidas da experiência e valendo para todos os casos, geralmente idealizados. E sempre funcionaram, em princípio.” (p. 6).

Aqui o aluno expressou claramente que, do seu ponto de vista, a visão passada tanto pelos livros didáticos de Física, quanto pelos professores na universidade (e também na escola) é uma visão empirista/indutivista da natureza da ciência.

Essa questão é bastante discutida na literatura. Bettany (1998, p.419-423), por exemplo, referindo-se especificamente à Física, escreve que *“apesar do sucesso da mecânica quântica somente uma pequena parte aparece nos currículos de Física e os estudantes podem facilmente ficar com a impressão de que o paradigma newtoniano é o mais aceitável”*.

Bettany (1998) entende que *“é importante que os professores estejam conscientes das explicações alternativas das teorias científicas...”*. Chama atenção para o fato de que uma teoria que oferece uma descrição bem sucedida do mundo físico não adquire suficiente legitimidade para ser ensinada como ‘a teoria correta’. Entende que enfatizar isso é tarefa do professor, o que comumente não ocorre, resultando facilmente naquilo que o ALUNO 7 apontou.

Ao falar de Popper disse que:

MN(AL7): *“As conjecturas são tentativas humanas ... Essas conjecturas têm a possibilidade de serem criticadas e até substituídas, mostrando a concepção popperiana de conhecimento como algo provisório, passível de correções e de falhas.”* (p. 8).

Ratificou através dessa assertiva que aceita com facilidade as idéias de Popper de que o conhecimento científico é provisório e conjetural.

Ainda que alguns equívocos tenham aparecido no desenvolvimento da monografia, eles não chegaram a comprometer sua visão epistemológica. Por exemplo, ao falar de Lakatos disse que:

MN(AL7): *“As revoluções científicas seriam dadas pela competição de programas de pesquisa rivais, podendo-se escolher trabalhar em um ou no outro ou até em ambos ao mesmo tempo.”* (p.11).

Rigorosamente, “*revoluções científicas*” é um conceito cunhado por Kuhn e não por Lakatos. Além disso, Kuhn não admite a coexistência ou competição de paradigmas rivais. Kuhn fala em monismo teórico enquanto Lakatos diz que essa competição é saudável para o crescimento da ciência. Logo, houve uma confusão entre idéias de diferentes epistemólogos.

Ao falar do conceito de incomensurabilidade de Kuhn assim se expressou:

MN(AL7): *“Ou seja, os paradigmas rivais têm diferentes concepções do mundo ... Exatamente como a sociedade antes e depois da informática: era diferente em cada época. Antes, por exemplo, não precisavam do computador para se corresponder. Hoje, ele é muito usado para isso. São formas diferentes de ver as coisas, mas a maneira antiga não estava errada, seria incomensurável com a atual”.* (p. 15).

Mostrou que entende a ciência, assim como a vida cotidiana, como algo contextual. Foi muito feliz, acreditamos, ao escolher o exemplo da informática para exemplificar diferentes formas de ver o mundo, ou seja, para mostrar seu correto entendimento da incomensurabilidade de paradigmas.

Ao se referir a Bachelard disse que:

MN(AL7): *“Nessa construção (referindo-se à ciência), o erro tem um papel importante: é com ele que se aprende. Não é só uma conseqüência dos limites humanos, mas a forma de progredir no saber. Sem pergunta, não há resposta e nem avanço da ciência. A verdade é uma superação contínua e permanente de erros “.* (p. 16).

Aqui, deixou evidente que aceita o erro como um elemento importante para o avanço do espírito científico e que, portanto, a natureza tentativa da ciência está implícita no seu pensamento.

Com relação ao conceito de *noção obstáculo*, discutido e apresentado por Bachelard, afirmou que:

MN(AL7): *“Além disso, Bachelard deixa muito claro que o excesso de imagens prejudica. [...] Assim, o ser humano não faz mais modelos nem usa o raciocínio, pois as figuras geralmente já estão dadas. O correto seria que uma palavra vale mais que um*

milhão de imagens, e não o contrário. Não que uma imagem não tenha o seu valor, mas o seu excesso pode levar a idéias erradas sobre alguma área, principalmente quando se trata de Mecânica Quântica”. (p. 17).

Mostrou-se bastante reflexivo relativamente às implicações dessas idéias nas práticas didáticas que, como se sabe, acabam ocorrendo da forma como o ALUNO 7 descreve.

Apresentou mais um equívoco ao falar do *perfil epistemológico*, outro conceito de Bachelard:

MN(AL7): *“A epistemologia bachelardiana contém também a idéia do perfil epistemológico, que pode ser usado para verificar a trajetória científica individual ou de um grupo”. (p.18).*

O perfil epistemológico é sempre individual e coloca em evidência a importância relativa que as diferentes doutrinas tiveram na evolução de um dado conceito para um sujeito.

“Quando nós próprios nos interrogamos, damos-nos conta de que as cinco filosofias que consideramos (realismo ingênuo – empirismo claro e positivista – racionalismo newtoniano ou kantiano – racionalismo completo – racionalismo dialético) orientam em direções diversas utilizações pessoais da noção de massa. Tentaremos então pôr grosseiramente em evidência a sua importância relativa...” (Bachelard, 1991, p. 41).

Entretanto, entendemos que a compreensão equivocada de um conceito é natural no processo de aprendizagem, e neste caso, mais uma vez, não comprometeu o entendimento do conjunto das idéias, nem a visão aberta da natureza da ciência que o ALUNO 7 conseguiu demonstrar.

MN(AL7): *“...mudança conceitual ocorre quando conceitos compartilhados por um grupo são freqüentemente criticados na evolução histórico-cultural. Ela não é algo ruim, mas serve para melhorar a compreensão humana, não considerada imutável.*

Esse fato mostra bem que, para aumentar essa compreensão, precisa-se da interação do ser humano com os conceitos e com o seu mundo...” (p. 24).

Novamente aqui, demonstrou que entende corretamente a ciência como uma atividade contextualizada, aonde contribuições de variáveis sociais são importantes no curso de sua evolução.

Finalmente na sua conclusão disse que:

MN(AL7): *“No meu parecer, acredito ser essencial estudar Epistemologia da ciência para todos aqueles que pensam em ser um cientista, um estudioso da ciência ou um professor. Vejo que esse estudo é pouco abordado no currículo, entretanto, amplia a concepção comum sobre o que é ciência, como ela progride, quais suas características. Verdadeiramente é um aumento da visão que ocorre após conhecer pelo menos um pouco sobre cada um desses filósofos da ciência. Dessa maneira, para mim foi extremamente interessante e importante estudar esses pensadores”. (p.25).*

Não deixou dúvidas, como ele próprio afirma, das importantes contribuições da disciplina da História e Epistemologia da Física para o refinamento de sua visão da natureza da ciência, bem como considerou importante estendê-la a *“todos aqueles que pensam em ser um cientista, um estudioso da ciência ou um professor”*.

Monografia elaborada pelo ALUNO 8.

O ALUNO 8 não apresentou verdadeiramente uma monografia, mas sim alguns capítulos isolados abordando o primeiro bloco dos epistemólogos estudados. O trabalho bastante incompleto aliado às repetidas ausências às aulas e, conseqüentemente, à falta de comprometimento resultou no único caso de reprovação na disciplina.

Popper, Lakatos, Kuhn e Bachelard foram os únicos filósofos da ciência apresentados e de forma subliminar.

Como o ALUNO 8 não teve participação efetiva nas discussões de sala de aula e nos debates em pequeno grupo, não foi possível captar indícios claros da sua concepção da natureza da ciência e das possíveis transformações dessas concepções.

Ao falar das idéias de Popper disse que:

MN(AL8): *“O estado atual da ciência é sempre provisório. Ao encontrarmos uma teoria ainda não refutada pelos fatos e pelas observações, devemos nos perguntar, será que é mesmo assim ? Ou será que posso demonstrar que ela é falsa ? Einstein é o melhor exemplo de um cientista que rompeu com as teorias da Física estabelecidas.”* (p. 3).

Nesta declaração, embora ele tenha atestado que o conhecimento “*é sempre provisório*” deixou-nos em dúvida sobre seu entendimento da gênese das teorias científicas ao utilizar a expressão “*ao encontrarmos uma teoria*”. Poderia muito bem estar se referindo que se encontra explicações na mente do cientista, mas igualmente poderia referir que encontramos teorias através da busca intensiva utilizando procedimentos de observação ou experimentação, o que marcaria uma visão tipicamente empirista/indutivista. Certamente essas duas formas de interpretação refletiriam concepções opostas da natureza da ciência. A respeito disso nada podemos afirmar.

Ao distinguir as idéias de Lakatos daquelas de Popper afirmou que:

MN(AL8): *“Em resumo, a ciência evolui em função da escolha de uma teoria mais adequada em cima de outra concorrente ou anterior. Para haver progresso na ciência é necessário que programas rivais coexistam.”* (p. 5).

Aqui, diferentemente da citação anterior, falou em “*escolha de uma teoria*” dando a idéia de que se refere a uma atividade intelectual. Isso pareceu indicar uma crença na natureza conjectural da ciência. Além disso, expressou de forma adequada a idéia de Lakatos sobre o processo de evolução da ciência, através da coexistência e competição de programas de pesquisa rivais.

Com relação à “Filosofia do Não” de Bachelard, assim se expressou:

MN(AL8): *“Uma experiência somente pode ser considerada como nova se esta disser não à antiga, proporcionando o avanço do pensamento científico. Se isto não ocorrer, não teremos uma experiência nova. Contudo, esta jamais será definitiva, quer dizer, não teremos um definitivo não e sempre um questionar de uma teoria anterior.”* (p.9).

Dessa forma, pareceu compreender corretamente o caráter provisório das teorias que devem ser permanentemente questionadas a fim de garantir o avanço do espírito científico.

Difícil, contudo, avaliar a contribuição do estudo dessas visões para a modificação da sua própria concepção porque em momento algum manifestou com clareza posições pessoais. O máximo que poderíamos afirmar é que a apresentação sucinta de quatro, apenas, dos filósofos da ciência estudados deu alguns indícios de que ele captou adequadamente algumas idéias consideradas fundamentais.

Monografia elaborada pelo ALUNO 9.

O ALUNO 9 mostrou-se, ao longo da disciplina, muito flexível à aceitação das idéias da epistemologia contemporânea. Sempre participativo nos debates de sala de aula, fazia crer que tinha evoluído para uma concepção parcialmente adequada da natureza da ciência e que era receptivo às novas idéias.

Elaborou sua monografia de forma bastante sintética, expressando idéias corretas, às vezes, de maneira confusa. Isso exigia várias leituras de frases desorganizadas, mas que entendidas, demonstravam aceitação e compreensão das visões contemporâneas da natureza da ciência.

Ao falar de Kuhn, por exemplo, apresentou a seguinte frase confusa:

MN(AL9): *“Também é importante considerar a transição de paradigmas, geradas (sic) por problemas/anomalias na evolução de ciência normal culminando em uma revolução científica. Por alguma razão pode haver resistência por parte da*

comunidade científica a novas idéias, fomentando a uma crise, que converge a mudanças 'ad hoc' dessas teorias, levando a incomensurabilidade.” (p.6).

É verdade que durante o período de ciência normal, segundo Kuhn, vão surgindo anomalias que acabam gerando crise ou, insatisfação com o paradigma vigente. Novas idéias acabam surgindo e lastreando um novo paradigma. A transição dos cientistas para o novo paradigma ocorre por persuasão, na visão de Kuhn, e não sem resistências de alguns, que tentam salvar as teorias vigentes propondo hipóteses *ad hoc*. Mas não é isso que leva à incomensurabilidade. A incomensurabilidade está na incompatibilidade do antigo e do novo paradigma, no sentido de que são maneiras diferentes de ver o mundo. Entretanto, o entendimento equivocado de um conceito, como já referido, é normal no processo de aprendizagem e acreditamos que o ALUNO 9 dava indícios de uma compreensão adequada das idéias em conjunto, apenas manifestou-se de forma confusa.

Mais adiante, ao expressar uma crítica a Toulmin apresentou nova confusão:

MN(AL9): *“Não esclarece se as mudanças conceituais ocorrem em termos racionais (argumentos, justificações, etc.) ou causais (causas, compulsões, forças) [...] Em geral a revolução científica ou substituição de um paradigma por outro, que represente uma mudança absoluta e completa do vocabulário não pode ser comparada, nem discutida ou justificada em termos racionais. Um ponto chave para Toulmin são os conceitos e a mudança conceitual.” (p. 12).*

Em primeiro lugar, Toulmin (1977) deixa claro que racionalidade tem a ver exatamente com os procedimentos que o homem utiliza para fazer a mudança conceitual, ou seja, esse é um processo racional que envolve variáveis sócio-históricas e culturais. Em segundo lugar, mudança de paradigma ou revolução científica representa, é verdade, uma mudança completa de vocabulário, pois se trata de maneiras diferentes de ver o mundo, mas essa idéia é atribuída a Kuhn e não a Toulmin. Entretanto, essa mistura de idéias de diferentes pensadores pareceu-nos resultar da sua forma desorganizada de escrever. Queremos com isso dizer que qualquer outra conclusão confrontaria com suas ações e falas, aparentemente bastante reflexivas, demonstradas em sala de aula. Nossas percepções foram

ratificadas por várias conversas pessoais com o aluno, durante o curso, que sempre apontavam para uma visão parcialmente adequada da natureza da ciência, ainda que aflorassem algumas crenças empiristas.

Em outras palavras, desde sua perspectiva, a questão de saber se uma idéia é atribuída a seu próprio autor, ou não, é menos relevante do que saber se ela é compreendida e aceita. Não nos pareceu que houvesse dúvidas por parte do ALUNO 9 de que os conceitos vão mudando, e que o conhecimento científico, por sua vez, é provisório e não fixo e imutável como queriam os positivistas.

Na sua conclusão ele disse expressamente que:

MN(AL9): *“Me considero muito “ingênuo” ou prematuro na avaliação de qual epistemólogo me é mais ou menos simpático, até porque todos seduzem em muitos aspectos e também refutam em outros. Por fim, gostaria de considerar a grande satisfação que foi estudar epistemologia e poder (tentar) ver a Física como uma ciência cada vez mais filosófica...”* (p. 16).

Essa confissão, extremamente positiva em relação à importância que ele atribuiu à disciplina de História e Epistemologia da Física, pareceu selar nossa percepção de que o ALUNO 9 sempre esteve aberto às novas idéias. Arriscaríamos dizer que as diferentes visões da natureza da ciência apresentadas ao longo da disciplina foram justificando algumas crenças parcialmente adequadas da natureza da ciência que o aluno tinha, embora algumas crenças empiristas parecessem permanecer muito enraizadas.

Monografia elaborada pelo ALUNO 10.

O ALUNO 10 era pouco falante, mas tinha grande capacidade reflexiva e enorme poder de síntese. Apresentou uma monografia bem elaborada tecnicamente e completa no sentido de que detalhou apropriadamente as diferentes interpretações das visões epistemológicas contemporâneas, embora muito poucas vezes tenha manifestado suas visões pessoais.

Em um desses raros momentos, referindo-se às idéias de Popper, ele disse que:

MN(AL10): *“Para o progresso da ciência é visto a grande importância da confirmação de conjeturas audazes, assim como o falseamento de teorias solidamente estabelecidas. Não importa como se chega a uma conjetura, o importante é que, para ser científica, ela seja falseável. Uma teoria falseável não é uma teoria falsa.”* (p. 6).

Aqui, o aluno demonstrou entender satisfatoriamente a ciência como um processo conjectural. Ao dizer que *“não importa como se chega a uma conjetura”* admitiu, implicitamente, a contribuição de diferentes variáveis (imaginação, criatividade, intuição ou metafísica) na origem das idéias e que todas são igualmente válidas, desde que sejam testáveis.

Ao apresentar as idéias de Toulmin afirmou que:

MN(AL10): *“Se adotamos uma visão suficientemente ampla da ciência, a contemplamos não só como empresa racional, se não como empresa racional em desenvolvimento histórico. Considerada como uma empresa humana total, um ciência não é um compêndio de idéias e argumentos somente, nem uma população de conceitos científicos somente, nem um sistema de instituições e procedimentos somente. Uma ciência é primeiro, e antes de tudo, uma empresa racional integrada, e os caracteres intelectuais e os institucionais da ciência são complementares desta única empresa.”* (p. 22).

Essa afirmação fez supor uma visível influência das discussões de sala de aula na percepção dos aspectos coletivos e institucionais do fazer científico, bem como da natureza racional e evolutiva da ciência, como uma atividade essencialmente humana.

Pode-se dizer que a disciplina de História e Epistemologia da Física teve uma contribuição positiva no sentido de melhorar a concepção da natureza da ciência que o ALUNO 10 tinha já parcialmente adequada.

É possível confirmar isso através da sua conclusão, parte da qual transcrevemos abaixo:

MN(AL10): *“Trabalhar com epistemologia no que diz respeito ao ensino e evolução do espírito científico do outro, foi entendido como uma ferramenta essencial na concepção crítica que o indivíduo deve absorver no que se refere à ciência.*

Em relação à Física é proposto um método kuhniano de aprendizagem e evolução da concepção crítica do indivíduo. Tal é composto de quatro partes principais: a) interiorização dos conceitos alternativos; b) apresentação de anomalias conceituais; c) visualização da nova teoria; e d) aceitação conceitual.

[...] espera-se que o aluno, quando se lhe fizer necessário transmitir conhecimento, faça uso da técnica que lhe foi aplicada.” (p. 23).

Mostrou sua profunda capacidade reflexiva fazendo supor que visualizou a possibilidade de que mudanças introduzidas pelos professores nas suas práticas didáticas se retransmitam através dos seus alunos. Visivelmente retirou da epistemologia ensinamentos de como melhorar as práticas docentes através do que ele chamou de *“método kuhniano”*. Também não deixou dúvidas sobre a relevância que atribuiu à Epistemologia considerando-a *“uma ferramenta essencial na concepção crítica que o indivíduo deve absorver”*.

Monografia elaborada pelo ALUNO 11.

O ALUNO 11 teve algumas participações nas discussões de sala de aula, mas suas intervenções tinham um caráter algo impulsivo ou, não-reflexivo, expressando às vezes idéias confusas. Apresentou uma monografia bastante superficial, com algumas ambigüidades e com muitas idéias e frases soltas fazendo supor que não tinha ocorrido ainda assimilação do conteúdo apresentado. Além disso, mostrou problemas com relação à forma de apresentação.

Ao falar das idéias de Popper disse:

MN(AL11): *“Esta capacidade das teorias serem refutadas e testadas, ou seja, o critério de demarcação, leva à idéia destas serem conjecturas (suposições, hipóteses) e refutações (combater, contestar).”* (p. 5).

Essa frase deixou-nos em dúvida sobre o entendimento do aluno a respeito do processo de construção do conhecimento por “conjeturas e refutações”, sugerido por Popper. *Um cientista, seja ele teórico ou experimental, formula enunciados ou sistemas de enunciados e verifica-os um a um. No campo das ciências empíricas, para particularizar, ele formula hipóteses ou sistemas de teorias, e submete-os a teste, confrontando-os com a experiência, através de recursos de observação e experimentação* (Popper, 2000, p.27). Caso os testes não corroborem as hipóteses elas devem ser refutadas, assim como também são eliminadas as hipóteses que não fazem proibições que possam ser testadas. A falseabilidade, ou refutabilidade, das teorias constitui o “*critério de demarcação*” entre ciência e não-ciência, segundo Popper.

Portanto, não é devido ao critério de demarcação que as teorias são conjecturas, como pareceu entender equivocadamente o ALUNO 11, mas sim devido à natureza mesma dos enunciados. O critério de demarcação é uma tentativa de disciplinar a multiplicidade de hipóteses. Mesmo assim, parece que a natureza conjectural das teorias foi aceita pacificamente.

Ao falar da “teoria do balde”, uma idéia também de Popper disse que:

MN(AL11): *“Popper é a favor da teoria do holofote, afirmando a teoria do balde está equivocada, pois o que realmente importa ao conhecimento científico é a observação, não decorrendo do acúmulo do conhecimento.”* (p. 7).

Popper é a favor da “teoria do holofote” porque entende que sempre existem pressupostos teóricos que antecedem ou iluminam a observação, logo, a observação não é neutra. Denomina de “teoria do balde” a crença, errônea, de que o conhecimento começa na observação/experimentação e evolui através de um processo cumulativo e linear.

Ao afirmar que “*o que realmente importa ao conhecimento científico é a observação*” o aluno não esclareceu a qual das teorias está se referindo. A frase é ambígua e pode ser facilmente atribuída a um entendimento equivocado do aluno.

Ao falar de Kuhn:

MN(AL11): “*Mas há vezes em que a ciência normal fracassa em produzir os resultados esperados, e os problemas passam a ser considerados como anomalias, e a troca de paradigmas poderá ser realizada, seguindo os critérios.*” (p. 14).

De fato, Kuhn entende que à medida que se acumulam anomalias elas acabam gerando crise no paradigma vigente. Esse momento, de crise, é propício para o surgimento de novas idéias que podem gerar um paradigma novo. A transição entre o antigo e o novo paradigma se dá, entretanto, através de uma ruptura brusca, que ele cunhou de “*revolução científica*”, e não “*seguindo os critérios*”, como sugere o ALUNO 11, que, aliás, não os especificou.

Sobre as idéias de Toulmin, disse que:

MN(AL11): “*As disciplinas são mutáveis, pelo fato de serem ciências vivas, e têm sempre novidades intelectuais que entram em sua discussão, de idéias e técnicas, e as que forem consolidadas, serão transmitidas para as gerações seguintes. Algumas variações conceituais podem ser incorporadas a medida que vai ocorrendo seu desenvolvimento.*” (p. 27).

Aqui, um dos raros momentos em que o ALUNO 11 deu indícios de compreensão da natureza mutável, evolutiva e contextual da natureza da ciência, resultado que visivelmente pode ser atribuído à influência das discussões de sala de aula.

Um aspecto positivo, entretanto, é que ele incluiu ao final da apresentação de cada pensador um mapa conceitual (em geral aquele construído em aula pelo grupo ao qual pertencia), seguido de uma breve explicação. Essa iniciativa deu indícios de que aluno aderiu à nova estratégia heurística, o que representou um avanço.

Da conclusão da monografia:

MN(AL11): *“Como o presente trabalho não tinha por objetivo julgar ou posicionar-se a favor de algum epistemólogo, apenas as idéias de suas filosofias foram apresentadas.*

[...] O que pode ser visto é que a crítica ao indutivismo foi a uma motivação para as posturas filosóficas apresentadas.

A ciência vem como a tentativa de explicação dos fatos observados, e as teorias são criações da mente humana, e a evolução da ciência está em função da corroboração destas teorias com os dados observacionais.” (p.30).

Pode-se perceber na conclusão a mesma imparcialidade e a ausência de posições pessoais do aluno, traços que marcaram toda a monografia.

A grande dificuldade na interpretação dessa monografia foi que ela se dividiu em seis títulos (um para cada filósofo da ciência abordado) e cada título deu origem e vários subtítulos (um para cada conceito novo proposto pelo autor). Seguiu-se a cada subtítulo uma definição, às vezes bastante profunda, outras vezes muito confusa daquele conceito. Raramente houve um amálgama de ligação entre os diversos conceitos capaz de expressar de forma clara e concisa a articulação entre eles.

Dessa forma, captar a visão do autor ou do próprio aluno constituiu-se em tarefa delicada, fazendo supor que essa omissão encobria, na verdade, uma concepção também confusa e pouco reflexiva da natureza da ciência. Assim, entendemos que restou duvidosa a contribuição da disciplina para a mudança da sua concepção. Poderíamos dizer que, em raros momentos, pareceu ter havido alguma perturbação positiva.

Monografia elaborada pelo ALUNO 12.

O ALUNO 12 tinha destacada capacidade intelectual. Estudante do curso de Bacharelado em Física, cursava a disciplina em caráter não-obrigatório. Era um apaixonado pela Física e sua principal característica era a busca incessante pelo conhecimento e por uma visão mais abrangente da ciência.

Visivelmente se deixou conquistar pelas idéias de Popper:

MN(AL12): *“...não existem teorias verdadeiramente corretas, pois sempre há a possibilidade de que uma nova observação não confirme uma teoria que tenha sido exaustivamente comprovada até o momento. Assim sendo, denominamos de conjecturas essas teorias que não foram rejeitadas.”* (p.4).

Com essa afirmação ele demonstrou que concorda com a idéia de que na ciência não existem leis e teorias fixas e imutáveis, mas que, contrariamente, até mesmo as mais bem aceitas teorias são provisórias e podem ser rejeitadas diante da observação e experimentação mais acurada. Logo adiante, ainda na página 4, mostrou-se cauteloso ao dizer que *“se ele (referindo-se ao pensamento científico) não passa no teste, deve-se avaliar se o erro se encontra na teoria ou na execução do experimento”*. Diríamos que essa preocupação foi uma contribuição direta das suas atividades nos laboratórios de Física, ou seja, o físico sempre leva em conta a possibilidade não nula da existência de erros observacionais. Excluída essa possibilidade pode-se, então, pensar em erros teóricos.

Mostrou sua preocupação também com o ensino e com a representação social da ciência ao dizer que:

MN(AL12): *“... o professor deve deixar bem claro para os alunos o que é ciência e o que não é. Com perguntas simples, podemos mostrar que nem tudo que é passado para o povo em geral como sendo científico realmente o é. Instigando o aluno a fazer perguntas, podemos gerar discussões em um maior interesse por parte da turma.”* (p.5).

Alinhou-se a Popper, Lakatos e Kuhn na crítica ao indutivismo dizendo que:

MN(AL12): *“As observações não são neutras, e nem podem ser, pois o observador sempre é afetado por seus conhecimentos prévios e crenças.”* (p. 7).

Referindo-se ao conceito de “obstáculo pedagógico”, de Bachelard, deixou transparecer a influência das discussões de sala de aula na formação do pensamento crítico:

MN(AL12): *“Ao utilizar a frase “tudo o que é fácil de ensinar é inexato”, Bachelard nos remete à utilização de analogias e metáforas, que geralmente são consideradas como ferramentas pelos professores de ciências para que a matéria seja entendida mais facilmente. Essa simplificação até o limite pode tornar muito difícil o desenvolvimento de um conceito mais profundo do que é estudado, devido a um modelo pobre apresentado.”* (p. 11).

E mais adiante:

MN(AL12): *“... resolução de exercícios através da utilização ‘mecânica’ de fórmulas e tabelas não auxilia no progresso do conhecimento.”* (p.12).

Na conclusão da sua monografia, impecavelmente escrita, ele diz que:

MN(AL12): *“Acredito estarmos em um estágio onde a ciência se faz cada vez mais na abstração, dentro da mente humana, do que em bancadas de laboratórios, anotando dados.*

Mesmo estando infinitamente longe da verdade absoluta, estamos avançando para campos cada vez mais particulares, necessitando de teorias cada vez mais avançadas tanto matematicamente quanto conceitualmente. Tendo em vista a área que me encontro, isto envolve condições extremas de energia ou espaço, impossibilitando a comprovação direta destas novas idéias no nosso dia-a-dia.

Em relação ao ensino de Física, é possível visualizar a utilização deste estudo na prática. É necessário um preparo grande por parte do professor para conseguir transmitir o que se quer para os alunos.” (p.16).

Com isso, o ALUNO 12 deixou claro que tinha uma concepção parcialmente adequada da natureza da ciência, pois como ele mesmo disse, *“tendo em vista a área que me encontro, isto envolve condições extremas de energia ou espaço, impossibilitando a comprovação direta destas novas idéias...”* ele já via a ciência como uma atividade que não recorre, necessariamente, à observação e experimentação. É possível, contudo, afirmar que a contribuição da disciplina foi no sentido de lapidar suas concepções, tornando-as mais abrangentes e reflexivas, principalmente com relação às implicações para o ensino e formação dos professores

de Física. Mas algumas crenças pareciam permanecer bastante enraizadas. Quando ele diz que *“mesmo estando infinitamente longe da verdade absoluta...”* ele parece acreditar na sua existência.

Monografia elaborada pelo ALUNO 13.

O ALUNO 13 tinha grande amadurecimento intelectual, fazia críticas consistentes e era muito participativo. Ainda que demonstrasse crenças às vezes inadequadas da natureza da ciência era um apaixonado pelo conhecimento e se deixava facilmente seduzir pelas novas idéias. Elaborou uma monografia bastante completa e deixou visíveis as marcas da influência da disciplina nas suas concepções e reflexões.

Já na introdução da monografia disse que:

MN(AL13): *“A concepção empirísta-indutivista, apresentada em muitos livros do ensino médio, causa uma impressão errônea de como se dá o progresso do conhecimento científico ou de como a ciência surge e se desenvolve. [...]*

Esta concepção é passada adiante em seus livros como se fosse uma verdade absoluta e acaba sendo aceita e divulgada no meio universitário e científico.” (p.3).

Essa declaração é auto-explicativa com relação à crítica que ele faz às visões empiristas-indutivistas que permeiam o meio escolar, universitário e científico, na sua óptica.

Com relação a Popper afirmou que:

MN(AL13): *“É interessante atentar ao fato de que, por este ponto de vista, nenhuma teoria é verdadeira mas que, por algum tempo ela pode se apresentar como a “mais satisfatória” que sua antecessora, visto que supera testes que falsificaram as teorias anteriores.”* (p. 5).

O caráter provisório das teorias fica bem caracterizado nessa assertiva. Ainda sobre Popper, disse mais adiante que:

MN(AL13): *“O método crítico infere, que as teorias são construções que não compreendem aspectos puramente lógicos, tais como a imaginação, a intuição e a criatividade. Como as teorias são conjecturas, estão sempre passíveis de críticas e conseqüentemente, de serem substituídas por outras. (p.6).*

Embora a frase esteja confusa, depreende-se que ele vê com bons olhos a *“imaginação, a intuição e a criatividade”* como componentes do processo de construção da ciência.

A respeito de Kuhn afirmou:

MN(AL13): *“Só sob determinadas condições é que as anomalias chegam a destituir a confiança dos cientistas em relação ao paradigma. Os primeiros esforços são no sentido de reaplicar, mais “energicamente”, as regras da ciência normal. A crise só é tida como relevante quando ameaça os fundamentos de um paradigma, não obstante todos os recursos usados para demovê-la.” (p. 10).*

Com isso mostrou que captou corretamente as idéias de Kuhn, pois o próprio autor diz que o que os cientistas fazem *“quando confrontados com anomalias: conceberão numerosas articulações e modificações ‘ad hoc’ de sua teoria, a fim de eliminar qualquer conflito aparente”, (Kuhn, 2003, p. 108).*

Ao referir-se às idéias de Bachelard fez o seguinte raciocínio:

MN(AL13): *“Uma das contribuições fundamentais da epistemologia é a excelência conferida aos erros e retificações. O erro é visto como necessário e indispensável, inclusive, para vencer as barreiras criadas pelos próprios obstáculos. Ele tende a perturbar o processo e provocar a ruptura entre o senso comum e o conhecimento científico.” (p. 18).*

A aceitação do erro faz supor o aceite da mutabilidade das leis e teorias, ou seja, elas não são vistas como entes fixos, imutáveis e que expressam uma verdade absoluta.

Com relação às idéias de Toulmin pareceu perder um pouco o foco principal da sua Epistemologia. Deteve-se longamente nas questões da racionalidade, da lógica, da justificação e da retórica. Não deu a devida ênfase aos conceitos e à evolução conceitual (mudanças conceituais) entendida, segundo Toulmin, como uma atividade humana historicamente em desenvolvimento, que se divide em diferentes disciplinas e profissões que carregam as marcas de seu tempo.

Contudo, em sua conclusão disse que:

MN(AL13): *“Em uma ou outra epistemologia, vê-se claramente que os filósofos partem de teorias que excluem a visão empirísta-indutivista de outros tempos. Mesmo que variem em alguns pontos de vista, a comunidade científica abandona o “olhar ingênuo” sobre os processos de construção do conhecimento, alargando os horizontes tanto no âmbito do conhecimento humano, quanto no entendimento de como se dão esses processos.”* (p. 27).

Ainda que não tenha feito menção explícita à importância que atribuiu ao estudo da Epistemologia, percebe-se que a questão do rechaço ao empirismo-indutivismo foi para ele o ponto mais marcante. Libertar-se dessa visão, que visivelmente fazia parte das suas concepções iniciais, significou *alargar os horizontes*, como ele próprio afirmou.

Equivocadamente, entretanto, referiu que *“a comunidade científica abandona o olhar ingênuo sobre os processos de construção do conhecimento...”*. Na verdade essa visão contextualizada é da filosofia da ciência. Os cientistas, em geral, não se preocupam com estas questões e contrariamente, como foi por várias vezes aqui abordado, adotam uma visão empirista/indutivista da ciência.

A nosso ver, ainda assim, a disciplina teve uma influência significativa na mudança da sua visão inicial da natureza da ciência. Acrescenta-se a isso o fato de o ALUNO 13 ter iniciado a apresentação de cada um dos pensadores com um mapa conceitual (elaborado em conjunto com seu grupo), o que deu indícios de um avanço na adoção de novos instrumentos heurísticos.

Monografia elaborada pelo ALUNO 14.

O ALUNO 14 era um dos componentes do grupo de estudantes mais participativo e mais controverso. Defensor de crenças profundamente empiristas/indutivistas, pelo menos inicialmente, era, por vezes, deflagrador de polêmicas extremamente interessantes.

Para começar, foi bastante pragmático na apresentação da monografia, ao dizer que *“o texto a seguir tem o objetivo primeiro de avaliação da disciplina...”* de onde se deduz que ele expressaria com rigor suas opiniões, sua avaliação sobre a relevância e influência da disciplina.

Na introdução ele disse que *“veremos um breve, muito breve, resumo do que foi compreendido a respeito da epistemologia...”* o que de alguma forma entra em contradição com o que foi dito na apresentação, pois ao ser *“muito breve”* ele faz supor que teria muito mais a ser dito.

Iniciou sua monografia discutindo as idéias de Bachelard, deixando transparecer que essas foram as que deixaram marcas mais profundas. Foi bastante reflexivo ao falar das suas implicações no ensino:

MN(AL14): *“Os professores sempre acham que o que estão tentando ensinar aos alunos é muito simples, assim cria uma espécie de barreira quanto ao não entendimento do aluno, isto é, ele não compreende como o aluno pode não compreender algo que pra ele é tão simples.”* (p. 2).

Nessa linha, ele seguiu criticando o atual ensino de ciências que, segundo ele, se resume o *“um monte de fórmulas”* com uma compreensão final muito limitada.

Discutiu longamente conceitos de Bachelard como: obstáculos epistemológicos e noção obstáculo, citando exemplos, mas de forma bastante confusa. Na verdade não ficou claro se sua argumentação foi em relação à necessidade de superação desses obstáculos por parte dos cientistas ou dos alunos. De qualquer forma, nunca se referiu aos professores como detentores, também, dessas dificuldades, embora na página 4 tenha dito que:

MN(AL14): *“Acredito que Bachelard afirma, em função de ser sempre possível se criticar algo construtivamente, que a formação do espírito científico é permanente, não deve, nunca, transmitir idéias de que está tudo pronto, idéias absolutistas, de que a verdade foi ou é totalmente conhecida.”* (p.4).

Nessa citação, ele parece concordar que visões inadequadas são passadas sistematicamente, como as idéias de que a verdade absoluta pode ser atingida. Entendemos isso como uma mudança positiva na sua forma de ver a ciência, pois ao longo da disciplina, por várias vezes, ele deu indícios de que acreditava que a ciência legitimamente pode atingir a verdade absoluta por estar conectada à realidade objetiva. As idéias de Bachelard parecem ter perturbado de forma profunda essas crenças na inquestionabilidade das teorias físicas, fruto da observação dos fatos.

Ao falar das visões epistemológicas de Laudan incluiu um mapa conceitual elaborado e apresentado pelo grupo do qual participou durante as discussões de sala da aula. Entendemos esse fato como um avanço no sentido de que novas estratégias didáticas possivelmente foram absorvidas.

Entretanto, deixou aparecer antigas crenças quando discutiu as idéias de Toulmin, ao afirmar que:

MN(AL14):*“Em uma escola os alunos são enculturados, i.é., apenas adquirem conhecimento produzido por outra pessoa. Esta pessoa que produz o conhecimento é o cientista, e toda a ciência se faz em laboratórios. A evolução se faz pela qualidade dos trabalhos realizados pelos cientistas.”* (p. 13).

De fato, Toulmin entende que adquirimos a linguagem e os pensamentos conceituais no curso da nossa educação e “enculturação”, e que acabam sendo o reflexo do pensamento e da compreensão da sociedade onde cada indivíduo está inserido, de forma que as faculdades conceituais que o adulto exerce são, primeiramente, aquelas herdadas. Mas, ao se tornar usuário dessa população de conceitos o sujeito utiliza suas capacidades para melhorar, inovar e com o tempo modificar tais sistemas conceituais.

De qualquer forma, Toulmin nunca afirmou que todo o conhecimento é produzido pelo cientista e que ele se faz nos laboratórios. Contrariamente, Toulmin alinha-se aos demais filósofos do século XX rechaçando o indutivismo, pois afirma que os conceitos evoluem à medida que evoluem as ambições explicativas. A evolução conceitual é entendida como uma atividade em desenvolvimento histórico.

Assim, como já referido, pode-se perceber que o ALUNO 14 dava sinais de que tinha tido algumas mudanças positivas, mas que crenças empiristas/indutivistas ainda estavam profundamente enraizadas em sua mente.

Não apresentou as idéias de Lakatos em sua monografia o que nos remeteu imediatamente a uma conversa informal que antecedeu a segunda aula da disciplina durante nossas observações participativas, aonde as falas giraram em torno das Epistemologias de Popper e Lakatos. Naquele momento inicial as idéias desses filósofos da ciência pareciam muito confusas nas mentes dos estudantes e alguns, entre eles o ALUNO14, estavam com a impressão de que Lakatos havia se apropriado das idéias de Popper. Sobreviveriam ainda aquelas impressões? Esse teria sido o motivo porque ele excluiu Lakatos da sua monografia, embora tivesse sido solicitada expressamente a apresentação de suas idéias?

Da sua conclusão:

MN(AL14): “Bachelard, Laudan, Toulmin, Popper, Kuhn e Lakatos todos se preocupavam em tentar ajudar a comunidade científica a fazer ciência. Desde Popper até o mais novo epistemólogo a preocupação era sempre a mesma. Como e, alguns por quê, fazer ciência.

Foi muito bom ter essa oportunidade de construir esse texto, o proveito foi e certamente será muito importante. O conhecimento adquirido por mim, a respeito de epistemologia já está me ajudando a ensinar melhor, a pensar melhor sobre meus próprios conceitos.

Bachelard, na minha opinião, é o melhor deles. Suas idéias são mais claras, mais concisas, não deixam margem a duplas interpretações. Mas mesmo assim, sob pena de estar cometendo um erro, afirmo que todos têm pontos muito bons. Contudo acho que Bachelard tem mais pontos bons que os outros cinco epistemólogos acima.” (p.19).

Entendemos que cometeu um equívoco ao afirmar que todos os filósofos estudados *“se preocupavam em tentar ajudar a comunidade científica a fazer ciência”*. Definitivamente não é este o propósito da Epistemologia, mas sim lançar um olhar reflexivo sobre essa atividade – a ciência - que é tão importante para a humanidade, e que erroneamente em nossos tempos vem sendo entendida, por muitos, como um sacerdócio.

Afirmou objetivamente que a Epistemologia *“está me ajudando a ensinar melhor, a pensar melhor sobre meus próprios conceitos”* demonstrando que se tornara mais reflexivo. Ainda assim, entendemos que sua visão da natureza da ciência permanecia, em alguns aspectos, associada a idéias empiristas/indutivistas, com indícios de importantes mudanças.

Monografia elaborada pelo ALUNO 15.

O ALUNO 15 aparentemente tinha uma visão da natureza da ciência parcialmente adequada no início da disciplina. Em suas poucas intervenções em sala de aula, pois sua característica era a de ser objetivo e pouco falante, mostrou-se bastante crítico. Quando oportuno, referiu-se à ciência como uma construção deixando transparecer que concordava com o rechaço ao empirismo/indutivismo.

A respeito das idéias de Popper disse que:

MN(AL15): “Porém o “falseacionismo” imediato e incontestável se mostra uma metodologia ingênuo, irracional e pode gerar alguns prejuízos no sentido de que nenhuma teoria ocorre ao cientista em sua forma definitiva. Ao fazer determinada conjectura podemos chegar perto da explicação adequada, mas não sendo a explicação estritamente correta será refutada isso fará com que nos desviemos do caminho correto”. (p.6).

Aqui, ele adequadamente criticou o falsacionismo ingênuo por entender que os cientistas não abandonam uma teoria quando suas previsões não coincidem com os resultados experimentais, pois se assim fosse, o fariam para prejuízo da ciência. O que está implícito, no entanto, é a sua crença na natureza conjectural e tentativa da

ciência já que “*nenhuma teoria ocorre ao cientista em sua forma definitiva*”, conforme suas próprias palavras.

Ao falar do conceito de “ciência normal”, de Kuhn, assim se expressou:

MN(AL15): “*Ciência normal, conforme é proposto por Kuhn, consiste no período em que as pesquisas são baseadas em um conjunto de conhecimentos já estabelecidos e que são previamente, porém não de maneira perpétua, aceitos pela comunidade científica*”. (p. 8).

Nessa afirmação fez referência à mutabilidade das teorias científicas. Ao falar que os conhecimentos que formam a base do paradigma “*são aceitos*” e “*não de maneira perpétua*” ele, evidentemente, não parece acreditar que leis e teorias são descobertas como revelação de uma verdade absoluta.

Essa possibilidade de modificação das leis e teorias foi retomada mais adiante, ao falar de Lakatos:

MN(AL15): “*As teorias que estão sujeitas a modificações ou refutação constituem o cinturão protetor. Ele é formado por uma série de hipóteses auxiliares que estão em constante modificação e expansão para se adaptar as (sic) anomalias e resolver os problemas de forma que tais divergências não atinjam o núcleo firme. Esse processo de modificação/refutação do cinturão protetor é parcialmente orientado pela a “heurística positiva” (...)*”. (p.12).

A ênfase dada à modificação ou refutação das teorias revela, a nosso ver, muito mais do que a preocupação de fidelidade com as idéias originais dos epistemólogos em questão, mas nos fez supor uma crença pessoal profunda.

Essa crença reaparece ao sintetizar as idéias de Bachelard:

MN(AL15): “*A ciência avança dizendo-se não ao conhecimento anterior. As teorias são constantemente questionadas e o novo conhecimento diz não ao velho, mas não num sentido de negação e sim de reconciliação. Assim, o erro passa a ter um papel importante para o nosso aprendizado*”. (p.14).

À medida que as novas idéias vão sendo discutidas suas concepções parecem se modificar de tal forma que a idéia do “erro” é absorvida e “*passa a ter um papel importante para o nosso aprendizado*”, nas suas palavras.

O ALUNO 15 apresentou uma preocupação diferenciada no que se refere à importância que pareceu atribuir aos aspectos históricos, ou à História da ciência como estratégia didática. Um exemplo disso está na seguinte citação, quando se referia às dificuldades geradoras de problemas conceituais, segundo Laudan:

MN(AL15): *“E por fim, as dificuldades em relação à visão de mundo são os obstáculos que as crenças metafísicas impõem às crenças científicas. Exemplo histórico e importante é a perseguição por parte da Igreja Católica às pessoas que apresentassem novas idéias que não estivessem estritamente de acordo com a Bíblia”.* (p. 18).

Com relação às implicações da Epistemologia no ensino de Ciências ele disse que:

MN(AL15): *“Fazer ciência e ensinar ciência são atividades muito parecidas. Ambas tratam de construir o conhecimento. Só mudam os sujeitos...”*

Os alunos que iniciam no estudo de ciências, além de carregarem uma larga bagagem de noções equivocadas baseadas no senso comum, não são dotados de um espírito científico. [...].

Essas discussões são importantes para confrontar idéias entre alunos e assumem no ensino o mesmo papel que os foros de discussão”. (p.23).

E da conclusão:

MN(AL15): *“As conseqüências da Epistemologia no ensino são muitas e podem ser multiplicadas conforme nos aprofundamos mais na teoria de cada autor. O que se tentou fazer nessa monografia foi apresentar um número maior de idéias próprias baseadas em uma reflexão pessoal sobre o trabalho de cada autor e não uma simples compilação creditada dos artigos trabalhados na disciplina.”* (p. 25).

Aqui, afirmou de forma objetiva que atribuiu grande importância ao estudo da Epistemologia e conseguiu mostrar, ao longo da monografia, que retirou desse estudo importantes ensinamentos para a melhoria das práticas docentes e principalmente para seu amadurecimento crítico.

Monografia elaborada pelo ALUNO 16.

O ALUNO 16 era parcimonioso nas suas posições e em geral respeitado pelos colegas. Embora suas concepções iniciais da natureza da ciência muito provavelmente fossem inadequadas, mostrou-se sempre fascinado pelas novas visões e, uma a uma, foram conquistando espaço na sua mente. Na introdução da monografia ele deixou claro que seu objetivo era *“colocar nossa forma de entender cada uma dessas epistemologias”*.

Ao falar de Popper disse que:

MN(AL16): *“Desta forma, as teorias que são superadas pela observação, pela experimentação e que são falseadas, serão refutadas e substituídas por novas conjecturas. A ciência progride, assim, através das refutações e da substituição de conjecturas”*. (p. 4).

Essa afirmação mostrou que ele aceitava com tranquilidade a natureza conjectural da ciência e a provisoriabilidade das teorias, pois admitiu ocorrer uma sistemática *“substituição de conjecturas”*. Destacou também a importância da observação e experimentação no processo científico.

Deixou escapar alguns conflitos entre crenças antigas e visões atuais, como na seguinte frase:

MN(AL16): *“(...) Para ele (referindo-se a Popper) o conhecimento se dá através da observação, que é uma percepção planejada, antecedida por algo que nos interessa”*. (p.5).

Ainda que ele tenha definido a observação corretamente como uma *“percepção planejada, antecedida por algo que nos interessa”* entendemos que uma

afirmação tipicamente popperiana teria preferido dizer que o conhecimento se dá através da construção de hipóteses seguida de observação.

A respeito de Lakatos afirmou:

MN(AL16): *“...o progresso científico ocorre por um processo lento e racional de superação de um programa (referindo-se aos programas de pesquisa) por outro. A superação ocorre quando um programa explica o que o rival explica e ainda faz previsões adicionais que ele não faz”.* (p.7).

Aqui expressou apropriadamente que na ciência programas de pesquisa rivais competem e que o objetivo de um programa progressivo é de ser preditivo, além de explicar os fatos.

Na página 10, mostrou que aceita que a ciência é um processo tentativo ao fazer que *“... o erro é importante, pois aprendemos com ele freqüentemente”*.

Retirou da Epistemologia lições relacionadas com a melhoria da prática didática ao concordar com Bachelard sobre a necessidade de vencer os “obstáculos pedagógicos”, como se pode ver a seguir:

MN(AL16): *“As imagens sugeridas pelas metáforas nunca são passageiras, perduram por longo tempo no pensamento do aluno. Logo, uma analogia ou metáfora conceitualmente errada pode perdurar por muito tempo se tornando um obstáculo ao espírito científico. Elas devem ser utilizadas com critério, mostrando-se sempre suas limitações.”* (p.11).

Transcrevemos, abaixo, boa parte da conclusão da monografia do ALUNO 16, pois ela é auto-explicativa com relação à influência que a disciplina de História e Epistemologia da Física teve na sua formação:

MN(AL16): *“O estudo e conhecimento das idéias dos vários pensadores estudados nos permitiram mudar a forma de pensar sobre como as idéias em ciência nascem e se modificam.*

De início pensávamos que as teorias, as leis eram extraídas exclusivamente das deduções de fatos, experiências e observações da natureza. As leis, pensávamos, estão esperando para serem descobertas. Nós temos que saber

como montar experimentos que nos mostrem como a natureza funciona. Desta forma, tudo o que descobrimos é uma verdade absoluta sem influência nenhuma das nossas convicções pessoais.

O que descobrimos com esse estudo é que o cientista, o pesquisador são (sic) homens comuns de uma certa forma. Têm suas convicções, seus preconceitos, suas idéias pré-concebidas, sua imaginação. Tem sua história, sua cultura, sua vivência social que influenciam suas idéias ao fazer ciência.

Confessamos particularmente que essa idéia nos alivia. Nos parece que a ciência é muito mais desafiadora e interessante quando vemos que todos aqueles fatores citados acima contribuíram para o conhecimento que temos até agora. Assim, temos que pensar muito mais, pesquisar muito mais e levar em conta, quando estudamos tudo o que já se descobriu, o contexto envolvido. Parece que os homens são muito mais geniais que pensávamos”. (p. 16).

Com isso, o ALUNO 16 não deixou dúvidas de que suas concepções eram inicialmente equivocadas e que a disciplina permitiu “*mudar a forma de pensar*”, como ele próprio afirma, sobre a natureza da ciência, sobre o processo de evolução das teorias científicas e sobre a representação dos próprios cientistas.

Monografia elaborada pelo ALUNO 17.

O ALUNO 17 mostrou, através das falas e de posições assumidas em sala de aula, que possuía, no início da disciplina, crenças profundas no empirismo/indutivismo. Acreditava na veracidade das informações obtidas a partir da observação e experimentação o que, em parte, justificava sua concepção positivista. Em alguns momentos pareceu resistir à mudança de sua visão, embora em outros, mostrou-se conquistado pelas novas idéias da epistemologia contemporânea. Assim, fez supor que até o final da disciplina ainda ocorriam enormes conflitos entre antigas e novas crenças.

Apresentou sua monografia de forma bastante incompleta, no sentido de que começou discutindo com profundidade alguns filósofos e terminou passando por outros em brancas nuvens.

Na introdução, mostrou-se bastante reflexivo com relação à importância do ensino de História e Epistemologia da Ciência ao dizer:

MN(AL17):“Antes destes Gigantes (referindo-se aos epistemólogos contemporâneos), a vida o sentimento e o ser não eram considerados. Realmente, será que antes destes, não se aprendia nada com a História da Ciência? Ou será que isso é o processo de evolução? O Trabalho da epistemologia da ciência, é de extrema importância não só para licenciandos, mas para todos que querem, trabalham ou vivem de fazer ciência.” (p.1).

Como já referido, mostrou-se conquistado pelas idéias de Popper rechaçando o indutivismo. Podemos verificar isso através do trecho extraído de sua monografia que, apesar de longo, é auto-explicativo:

MN(AL17): “Um dos principais pontos da epistemologia de Popper ... é que não existe observação neutra, que toda observação científica é repleta de teorias ... Um fato marcante e que demonstra o quanto Popper estava certo em sua teoria, ocorreu na disputa entre Galileu e o padre jesuíta Christopher Scheiner, sobre o que seriam as manchas solares ... Para Galileu, querendo apresentar as falhas da teoria aristotélica... ao observar as manchas solares se deslocando, não só afirmou que o sol continha manchas, um absurdo para a época, como afirmou que não eram elas que estavam em movimento, e sim, o Sol ... Scheiner, querendo salvar a pureza dos corpos celestes ... defendeu a idéia de que estas manchas observadas, aqui da Terra eram planetas em conjunção que orbitavam o Sol.

[..]

...como poderia uma observação científica ser neutra ... se fosse assim, como poderíamos criar modelos atômicos, será que Einstein algum dia chegaria à Teoria da Relatividade, será que Boyle proporia a sua teoria cinética dos gases?

Realmente, todas as teorias científicas são frutos de nossa imaginação, análise crítica perante os fatos, genialidade do ser humano, fé em seus princípios e paixão pela verdade”. (p. 2/3).

Nesse trecho, ele não deixou dúvidas da incrível herança que as idéias de Popper deixaram na direção de uma visão mais adequada da natureza da ciência, aceitando com aparente convicção a natureza conjectural da ciência e, principalmente, a possibilidade de diferentes cientistas poderem chegar a diferentes explicações para o mesmo fenômeno a partir de diferentes bases teóricas.

Com relação às idéias de Lakatos ele afirmou que:

MN(AL17): *“Aos poucos, foi se vendo que um programa de pesquisa (referindo-se ao geocentrismo e heliocentrismo) era mais frutífero que o outro e gradativamente a troca foi feita; mas na busca da defesa de seus programas de pesquisa a comunidade científica buscou respostas; aperfeiçoou instrumentos e nunca parou de debater sobre os dois assuntos e outros posteriores que iam surgindo;”* (p.11). [...]

A troca de um programa de pesquisa por outro, não vem da lógica indutiva, é sim, um processo racional, crítico; uma aposta do cientista em acreditar que um programa vai ser mais frutífero que outro”. (p.12).

Aqui, mostrou que entende satisfatoriamente a ciência como uma construção coletiva e contínua, aonde novas idéias são propostas e vão sendo avaliadas pela comunidade científica.

Ratificou essa posição ao falar das idéias de Laudan:

MN(AL17): *“Na busca da resolução destes problemas (referindo-se ao problemas empíricos e conceituais) é que uma teoria torna-se frutífera; pois ao tentar solucioná-los é que a comunidade científica vai unir esforços e, assim, a ciência vai progredir”.* (p.14).

Na sua conclusão ele disse que:

MN(AL17): *“Podemos concluir através dos estudos feitos, que a ciência é algo em construção, nada fechado; suas regras não são únicas nem tão pouco claras. O que é verdade hoje, amanhã poderá vir a ser um grande equivoco. Mas afinal, o que é fazer ciência, o que vem a ser um cientista? O fazer ciência pelo que podemos observar, nada mais é que buscar a verdade, criar modelos que nos permitam tentar entendê-la (sic), reproduzir os passos criados pela natureza, os caminhos propostos por Deus. Mas Deus será que ele existe? Pelo que foi estudado, o cientista não é um ser totalmente racional, pois ele é um ser humano e sendo um ser humano, não está livre de erros, vícios, crenças e superstições. Devemos sim, tentarmos ser o mais neutro possível na construção do conhecimento, racional e verdadeiro na busca de uma verdade que nem sabemos se existe, ou existirá, mas ela é a fonte inspiradora, de todo e qualquer cientista.*

Nos estudos feitos, aprendemos que o conhecimento não é linear e indutivo, e isto foi de muita valia para nós licenciados que futuramente (e alguns atualmente) viremos a ensinar ciência. Respeitar as individualidades, sentimentos e crenças de cada um, tentar construir e não empilhar conhecimento, fazer ciência através do racionalismo crítico, esta é a nossa meta e o nosso desafio”. (p.16)

O ALUNO 17 mostrou através da sua conclusão no mínimo dois aspectos contraditórios: 1) deixou claro que as visões epistemológicas contemporâneas perturbaram de forma decisiva sua maneira de ver a ciência o que o tornou, aparentemente, mais reflexivo com relação ao papel do professor que deve *“respeitar as individualidades, sentimentos e crenças de cada um (...) tentar construir e não empilhar conhecimento...”*, segundo suas palavras. Esse, por si só, foi um resultado indiscutivelmente importante da influência da disciplina; 2) ainda que tenha manifestado espontaneidade ao dizer que *“...fazer ciência pelo que podemos observar, nada mais é que buscar a verdade, criar modelos que nos permitam tentar entendê-la (sic), reproduzir os passos criados pela natureza, os caminhos propostos por Deus. Mas Deus será que ele existe?”* pareceu enveredar por caminhos obscuros, mostrando, a nosso ver, que conflitos profundos ainda se processavam em sua mente entre antigas e profundas crenças e as novas e atraentes idéias.

No dizer de Peter Woods (1986, p.80) a espontaneidade é um elemento importante, pois na metodologia etnográfica o pesquisador procura “*captar lo que se encuentra em el interior de los entrevistados*” e dos observados, procurando não interferir no processo. Inevitável, entretanto, a colocação de elementos do próprio pesquisador na interpretação dos fatos tentando descobrir o que está no interior da mente do pesquisado, e neste caso, a existência de conflitos pareceu-nos evidente. Acrescente-se que, como já mencionado, o aluno não apresentou em sua monografia as visões de Bachelard e Toulmin, que foram, conforme já discutido na análise etnográfica (o cotidiano da sala de aula, capítulo 5), as visões mais complexas e abrangentes e que provocaram maior índice de dúvidas e ansiedade no grupo de estudantes. Esse fato pareceu se refletir na monografia do ALUNO 17.

Se fosse possível afirmar que a mente humana, como nos sistemas físicos, é um sistema que busca sempre o estado de menor energia, ou seja, de maior equilíbrio, então ele teria deixado de discutir as visões mais complexas porque se encontraria no limiar de perturbação. A evolução efetiva da sua visão da natureza da ciência, muito provavelmente, será um processo progressivo e lento.

Monografia elaborada pelo ALUNO 18.

O ALUNO 18 participava ativamente das discussões, mas não abria mão, sempre que possível, de posições conservadoras, como por exemplo, a posição skinneriana assumida ao dizer que “*o aluno de nível médio precisa ser treinado a resolver problemas...*”. Essa afirmação foi por ele feita na décima aula do semestre e gerou enorme discussão na sala de aula. Entretanto, ele parecia convicto e pouco disposto a abandoná-la. Essa postura, bastante conservadora, como já referimos, fazia supor uma concepção da natureza da ciência também bastante positivista.

Na verdade, ele dava mostras de que aceitava as novas visões da natureza da ciência, mas vez ou outra, deixava aflorar suas crenças mais profundas, ainda que ao longo da disciplina tivesse mostrado avanços importantes. Sua principal característica é que, em geral, expressava idéias de forma imprecisa.

A frase que destacamos a seguir, retirada do capítulo I da sua monografia, é um exemplo claro da falta de rigor ao escrever:

MN(AL18): *“Para Karl Popper a ciência se distingue da pseudociência através do método empírico, ou seja o método indutivo, cuja demarcação é dada pela falsiação (sic) das conjeturas. Segundo Popper a ciência pode ser refutada e listada, já a pseudociência não aceita ser refutada.”* (p. 2).

Acreditamos que o aluno 18 equivocou-se ao escrever que o “*método indutivo*” é o que distingue ciência da pseudociência até porque, logo adiante ele diz que “*demarcação é dada pela falsiação (sic) das conjeturas*”, e principalmente porque tinha sido alvo de muitas discussões de sala de aula o fato de Popper combater ferrenhamente o método indutivo como critério de demarcação. Também não ficou claro o que ele pretendeu ao expressar “*a ciência pode ser refutada e listada*”. Rigorosamente, a ciência como um corpo articulado de conhecimentos não pode ser refutada, mas sim, as teorias é que são passíveis de refutação.

Mesmo assim, ele pareceu aceitar com tranqüilidade que teorias são conjeturas além de expressar corretamente, nos capítulos seguintes, as visões de Lakatos e Kuhn.

Abordou apropriadamente a questão da diferenciação entre fatos e problemas:

MN(AL18): *“Há diferença entre fatos e suas explicações e problemas empíricos e suas soluções. Os fatos podem existir sem que o (sic) conheçamos e os problemas só podem existir quando tomamos conhecimento deles”.* (p. 19).

Ele fez essa distinção ao falar da visão epistemológica de Laudan, que entende a ciência como uma atividade de resolução de problemas, de dois tipos: empíricos e conceituais.

Demonstrou ter captado com clareza essa diferenciação bem como aquela entre problemas empíricos e conceituais ao afirmar que:

MN(AL18): *“A resolução de problemas empíricos gera alteração ou produz novas teorias e a dos problemas conceituais clarifica a precisão das teorias.”* (p. 21).

Essa, sem dúvida, é uma evidência inequívoca da contribuição das discussões de sala de aula, ao longo da disciplina.

Na sua conclusão ele disse que:

MN(AL18): *“Não podemos dizer que uma é melhor que a outra, pois cada visão é única e aborda dois problemas, como se faz ciência e como ela evolui, de forma, às vezes, totalmente distinta.*

Mas, devemos ressaltar um ponto que todos concordam, que a ciência é uma construção humana, e que o conhecimento é provisório (...). A ciência está em constante mudança e aprimoramento, o que é verdade hoje talvez não seja amanhã.

Certamente essa seja uma das grandes verdades que nós como futuros educadores devemos transmitir para nossos alunos.” (p. 26).

É possível perceber que se estabeleceu na sua mente um conflito muito grande entre a manifesta crença comportamentalista¹⁰ (quando afirmou que é preciso treinar os alunos a resolver problemas ele adotou uma postura tipicamente skinneriana) e uma posição construtivista¹¹ quando ele diz que *“ciência é uma construção humana”*.

Piaget (1970) na sua obra *A Construção do Real na Criança*, teoriza que o sujeito possui esquemas de assimilação para dar conta do mundo e quando ele percebe que seus esquemas não funcionam bem duas coisas podem acontecer: ou ele desiste ou modifica o esquema antigo para se adaptar ao novo objeto/situação. A isso Piaget chamou de acomodação, ou seja, acomoda um esquema velho a um objeto/situação novo.

¹⁰ Comportamentalismo: é uma postura filosófica que se preocupa com os resultados dos estímulos externos, ou seja, com o comportamento observável e mensurável do homem.

¹¹ Construtivismo: está dentro da filosofia cognitiva e trata-se de uma postura filosófica que acredita que o indivíduo constrói o seu conhecimento (individualmente e coletivamente).

É possível afirmar que o ALUNO 18 chegou ao final da disciplina em processo de acomodação das novas idéias. Antigas crenças ainda conflitavam com as novas visões que claramente ele percebia como boas e plausíveis. Arriscaríamos dizer que a tendência era na direção da mudança conceitual, migrando para uma visão mais adequada da natureza da ciência.

Monografia elaborada pelo ALUNO 19.

O ALUNO 19 não participava das discussões de sala de aula. Limitava-se a concordar, ou não, com uma ou outra posição assumida pelos colegas, através de gestos ou expressões. Quando era incitado a falar costumava ser breve, objetivo e geralmente defendia posições conservadoras, fazendo supor que ele tinha uma visão bastante tradicional da natureza da ciência.

Sua monografia foi impessoal, mas em alguns momentos, como no Capítulo I, sobre Popper, ele deixou evidente que as idéias contemporâneas da natureza da ciência deixaram suas marcas na direção a uma visão mais adequada, ao afirmar:

MN(AL19): *“... teorias são construções que podem envolver, na sua origem, aspectos não totalmente racionais, como: imaginação, criatividade, intuição, etc. São tentativas de descrever e entender a realidade.”* (p. 3).

Mostrou indícios da influência das discussões de sala de aula na direção de um pensar mais reflexivo ao dizer que:

MN(AL19): *“O professor deve diferenciar ciência da não-ciência. A Física deve ser ensinada através de “modelos” pois, são os melhores modelos que são encontrados na base de um grande avanço tecnológico.”* (p. 6).

Mas nem tudo ia tão bem assim. Ao referir-se às idéias de Bachelard ele escorregou deixando transparecer crenças inadequadas.

MN(AL19): *“Com isso a gente conclui que precisamos avançar nosso perfil epistemológico para uma construção racional cada vez mais aberta. [...] A produção do conhecimento se dá pela observação e pela experimentação”*. (p.11).

Isso mostrou que sua concepção da natureza da ciência tinha profundas bases empírico/indutivistas.

De uma maneira geral a monografia do ALUNO 19 mostrou uma síntese objetiva das principais idéias dos filósofos da ciência estudados na disciplina de História e Epistemologia da Física. Mas percebeu-se que ao relacioná-las ao ensino de ciências apareceram algumas confusões. Ele disse na página 16, por exemplo, que *“na visão de Bachelard aprender ciências implica em aprender conceitos que colocam em crise os conceitos da experiência comum”*. Concordamos com a validade dessa assertiva. Porém, rigorosamente, a idéia da crise é de Kuhn. Bachelard fala da necessidade de superação dos obstáculos epistemológicos (e pedagógicos) que, de um lado, são representados pelo conhecimento comum e de outro lado, pelo próprio conhecimento científico. Daí a necessidade de dizer constantemente “não” ao conhecimento, qualquer que ele seja.

Na mesma página 16 seguiu dizendo que *“outra questão é o desafio de como interpretamos o erro no processo de ensino-aprendizagem. Como o erro possui uma função positiva na gênese do saber, devemos avaliar a necessidade dos estudantes errarem no processo de ensino-aprendizagem”*. Aqui não parece ter ficado claro para o ALUNO 19, ainda que concordemos que é preciso que os alunos errem no processo de ensino e aprendizagem, de que o “erro” está associado principalmente à evolução do *espírito científico* e, conseqüentemente, à natureza tentativa e corrigível do conhecimento, bem como das leis e teorias científicas.

Portanto, entendemos que algumas idéias contemporâneas da natureza da ciência permaneciam à margem de uma compreensão mais clara e abrangente, dando indícios de que ainda havia conflitos entre uma concepção inicial inadequada e profundamente enraizada e uma nova concepção que insistia em surgir, por efeito da disciplina.

Monografia elaborada pelo ALUNO 20

O ALUNO 20 sempre se mostrou interessado, não esteve ausente em nenhuma das aulas e executou todas as tarefas com dedicação. Porém, era extremamente tímido e dificilmente se manifestava nas discussões. Das conversas nos pequenos grupos era possível perceber que tinha uma concepção fortemente marcada por idéias empírico/indutivista da natureza da ciência, embora não se tratasse de uma visão ingênua. Demonstrava alguma resistência a mudanças fundamentada, provavelmente, pelas atividades que exercia no laboratório através de bolsa de Iniciação Científica, como aluno do curso de Bacharelado em Física. Destaca-se que o ALUNO 20 era um dos três estudantes que não cursava Licenciatura. No dizer de Kuhn, mostrava traços das influências que as atividades da “ciência normal” provocam no estudante ao ingressar na comunidade científica.

Parecia acreditar na idéia de que fazer ciência pressupõe empregar o “método científico”, ou seja, a busca de respostas às perguntas sobre a natureza envolve um projeto com passos bem definidos: observar; propor uma pergunta, experimentar, colher dados, buscar informação, analisar os dados e induzir uma hipótese explicativa.

Elaborou uma monografia altamente consistente, com enorme poder de síntese e trazendo todos os aspectos mais importantes das diversas filosofias estudadas, destacando com clareza semelhanças e diferenças. Mas teve o cuidado de fazê-lo de forma impessoal, manifestando sempre as idéias na forma de “o autor pensa”, “o filósofo entende”, etc.

Em raros momentos foi possível captar a sua própria opinião. Ao falar das críticas de Popper ao indutivismo assim se expressou:

MN(AL20): *“...a não adequação do indutivismo para a obtenção de enunciados universais, ou seja, não podemos fazer uma teoria concreta baseados somente na observação, embora na história da ciência a mecânica newtoniana tenha sua base indutiva”*. (p. 3).

Embora tenha afirmado corretamente que Popper entende inadequado o indutivismo para se obter teorias (enunciados universais a partir de enunciados singulares), pareceu acreditar na idéia inexata de que a teoria de Newton tenha sido induzida pela observação dos fenômenos e através da aplicação do método científico. A Epistemologia contemporânea demonstra largamente que isso não ocorreu.

MN(AL20): *“Para a construção do conhecimento científico, o erro desempenha um papel fundamental, pois os obstáculos epistemológicos fundamentam os erros (...)”*. (p. 10).

Ao falar de Bachelard, o ALUNO 20 admitiu que o erro está presente na construção da ciência e, conseqüentemente, admitiu que o conhecimento científico tem uma natureza tentativa.

De uma maneira geral foi possível perceber que houve perturbação em vários aspectos da sua visão sobre a natureza da ciência, embora não se possa afirmar que tivesse havido uma transformação profunda das suas concepções, inicialmente inadequadas.

Monografia elaborada pelo ALUNO 21:

O ALUNO 21 raramente participou das discussões de sala de aula e, não fossem algumas conversas pessoais, pouco saberíamos afirmar a respeito das suas concepções. Aparentemente ele não gostava das tarefas de grupo e tampouco da necessidade de apresentação oral dos mapas conceituais. Haja vista seu comentário, *“... acho que já esqueci tudo, estou nervoso e inseguro”*, antes da sua primeira apresentação.

A respeito de Popper, no primeiro capítulo de sua monografia, assim se manifestou:

MN(AL21): *“O falsacionismo, apesar da ótima recepção, e do quase inconsciente acolhimento que teve nos meios científicos sobretudo nos mais*

experimentalistas, terá sido um dos últimos expoentes de uma concepção de ciência regulada pelo conceito de verdade. Nos últimos anos, esta concepção de ciência e a conseqüente distinção entre o grau de certeza das ciências naturais e exatas e a subjetividade das ciências humanas e sociais têm vindo progressivamente a ser postas em causa por um conjunto de fatores, de entre (sic) os quais é possível destacar fundamentalmente este.A (sic) introdução da noção de paradigma (...). (p.7).

Esta afirmação refletiu claramente a influência das discussões de sala de aula. Porém, percebe-se uma enorme confusão de idéias, pois apareceram conceitos de Popper (falsacionismo) misturados aos de Kuhn (paradigma). Foi possível perceber ainda que alguns aspectos causaram nele “crises” profundas, por exemplo: a demarcação entre ciência e não-ciência, o questionamento da verdade e o grau de certeza das ciências exatas (comparadas às ciências sociais). Ainda que ele afirme que essas idéias estavam sendo “*postas em causa*”, à primeira vista e também fruto das nossas conversas com o aluno, inferimos que sua crença na verdade absoluta alcançada pelo conhecimento científico persistia.

A idéia da verdade retornou quando ele se referiu a Kuhn:

MN(AL21): *“Para Thomas Kuhn, a ciência não é uma transição suave do erro à verdade, e sim uma série de crises ou revolução, expressas como “mudanças de paradigmas”.* (p.12).

Aqui, de maneira evidente ele associou a mudança de paradigma à emergência de uma verdade inquestionável, ou seja, o erro (associado ao paradigma anterior) justificaria a busca da verdade (associada ao novo paradigma).

Ao falar da influência das epistemologias de Lakatos e Kuhn, respectivamente, ele disse:

MN(AL21): *“Ao meu ver, Lakatos, no que diz respeito ao ensino [...] acrescenta que os alunos já vêm com conceitos prévios de casa [...] a coisa se torna difícil, quando se conflita conceitos científicos com concepções alternativas, então tem de se apresentar argumentos duros, isto é, argumentos fortes (...)*. (p. 23).

“...podemos apresentar os conceitos da Física, de maneira a levar os alunos a entrarem em crise (...). Eu pelo menos tento fazer isso com os meus alunos quando apresento um conteúdo novo ”. (p.24).

Com relação a Toulmin, sobre a existência de variáveis sociais e culturais, afirmou:

MN(AL21): *“...existe e não se pode desconsiderar a influência do meio sobre o indivíduo assim como a importância da intervenção do indivíduo sobre o meio [...] a maneira de ensinar os mesmo (sic) conceitos em uma comunidade no interior do Amazonas não deve ser a mesma de se ensinar os mesmos conceitos nos grande centros urbanos (...)”.* (p. 26).

Ele conclui sua monografia dizendo:

MN(AL21): *“Até acho que o objectivo (sic) desta disciplina era o de nós termos em mente as várias maneiras de pensar e fazer ciência, para que pudéssemos aproveitar da melhor maneira cada uma delas e sair do curso com uma visão mais geral a respeito do como ensinar ciências”* (p. 27).

É necessário lembrar que o ALUNO 21 já lecionava, há algum tempo, e possivelmente por este motivo sua preocupação sempre esteve voltada para os aspectos de sala de aula, ou seja, buscando compreender como as diferentes visões epistemológicas poderiam contribuir no processo de ensino e aprendizagem. Nesse sentido as afirmações acima mostram que o ALUNO 21 teve um enorme avanço crítico e reflexivo.

Com relação as suas concepções da natureza da ciência é possível perceber que foram claramente perturbadas por efeito da disciplina, mas algumas idéias positivistas permaneciam enraizadas em sua mente, por exemplo, a crença na verdade e imutabilidade do conhecimento científico, ainda que, ele tenha admitido que teorias (e leis) podem mudar ao afirmar, na página 19, que *“os conceitos assim como os indivíduos não resistem aos estragos do tempo...”*. Pode-se dizer que no momento da elaboração da monografia as concepções iniciais do ALUNO 21

conflitavam com as novas idéias. Algumas apareceram incompletas mas, com tendência visível para um amadurecimento crítico.

Monografia elaborada pelo ALUNO 22:

O ALUNO 22 era participativo nas aulas, mas em várias oportunidades demonstrou acreditar na Física como expressão da verdade absoluta exatamente porque conectada à realidade objetiva, uma crença tipicamente empirista/indutivista.

Apresentou sua monografia de forma bastante sucinta, descrevendo a seu modo as idéias dos filósofos da ciência estudados. Apesar de sua maneira aparentemente irreverente de ser, surpreendeu-nos escrevendo correta e objetivamente, a menos de um ou outro equívoco.

Com relação a Popper disse que:

MN(AL22): *“Outra característica do filósofo e Popper foi o rompimento com a maneira de fazer ciência da sua época (...)”*. (p.2).

Aqui, como já referido, expressou um entendimento equivocado. Popper rompeu com a forma de ver e compreender o processo científico, mas de forma alguma *“rompeu com a maneira de fazer ciência”*. O objeto de estudo da Epistemologia não é a ciência em si, mas a natureza da ciência.

Com relação à indução ele disse que:

MN(AL22): *“Se a indução fosse a única forma de se fazer ciência, as leis jamais poderiam contrariar os fatos, o que por muitas vezes levaria ao abandono de boas teorias, causado simplesmente pelo desconhecimento de algum detalhe não observado, isto porque muitas vezes existem limitações tecnológicas que não possibilitam tais observações”*. (p.3).

Exatamente com relação ao aspecto que parecia mais inadequado (crença empirista) na sua concepção inicial ele demonstrou que as discussões de sala de aula tiveram decisiva contribuição.

Com relação a Bachelard disse que:

MN(AL22): *“A ciência evolui a partir da negação de uma teoria anterior, e todas as teorias são constantemente questionadas e seguidas de uma desilusão por parte do cientista”*. (p. 11).

Aqui, ele pareceu aceitar com tranqüilidade que as leis e teorias não são fixas e imutáveis, mas são *“constantemente questionadas”*, nas suas próprias palavras.

MN(AL22): *“... todas as pessoas, embora não tenham conhecimento sobre os assuntos a serem abordados pelo professor em sala de aula, têm, em geral, uma intuição, muitas vezes errada sobre o tema (...) tais concepções intuitivas, de senso comum representam um obstáculo, portanto não devem ser desconsideradas pelos professores, tem (sic) de ser substituídas”*. (p. 11).

Nessa afirmação mostrou-se reflexivo com relação aos desafios e à necessidade de os professores procurarem identificar os obstáculos (epistemológicos e pedagógicos, no dizer de Bachelard) e auxiliarem seus alunos a vencerem-nos.

De uma maneira geral, é possível afirmar que a visão inicial inadequada da natureza da ciência que o ALUNO 22 tinha foi perturbada significativamente por efeito da disciplina. Em alguns aspectos tornou-se alinhada às visões epistemológicas contemporâneas embora em outros nada se possa afirmar. Na sua conclusão, de apenas um parágrafo, limitou-se a dizer que cada uma das visões estudadas teve suas peculiaridades e foram unânimes em negar o indutivismo.

Monografia elaborada pelo ALUNO 23:

O ALUNO 23 foi tipicamente um exemplo de visão inadequada que obteve mudanças surpreendentes por efeito da disciplina. Demonstrou através de suas falas e ações que tinha uma concepção empirista/indutivista da natureza da ciência que foi sendo modificada ao longo do curso. Quando apresentou seu seminário de História da Ciência no último mês do semestre ele afirmou, por exemplo, que *“é preciso de alguma forma checar com a realidade as teorias construídas racionalmente”*.

No final do capítulo I da monografia, afirmou:

MN(AL23): *“Embora o critério de demarcação de Popper negue a indução, temos que admitir que na realidade os cientistas fazem uso da indução para elaborar teorias científicas, mas não a fazem de forma que sejam universais, irrefutáveis, elas devem ser testadas e resistir a tais testes. Os cientistas deduzem leis experimentais que estão sempre sujeitas a testes podendo ser refutadas”*. (p. 4).

Com isso o ALUNO 23 assumiu uma postura crítica em relação a Popper, no sentido de que a indução de fato existe, é um instrumento valioso utilizado pelos cientistas, mas que não é lícito usá-la como critério de demarcação, como queriam os positivistas. Além disso, ratificou sua posição anterior, de que as teorias devem ser checadas com a realidade, que vai decidir sobre sua refutação, ou não.

Essas são claramente influências das discussões de sala de aula, como também sua afirmação, na página 9, que *“Kuhn foi muito feliz ao introduzir os conceitos de ciência normal, paradigma, crise, revolução científica, entre outros, em sua epistemologia, que se adaptaram à forma de se fazer ciência e também em teorias de aprendizagem”*. Neste ponto, ele fez referência explícita a um debate de sala de aula em que o professor destacou a necessidade de os professores de ciências provocarem a mudança de paradigma ao introduzir conteúdos novos, a respeito dos quais os alunos, em geral, têm concepções alternativas.

Ao referir-se a Laudan, afirmou que:

MN(AL23): *“É uma epistemologia objetiva de maneira a consagrar como teoria científica mais avançada a que mais problemas resolve, deixando claro que não seja definitiva, podendo ser confrontada futuramente com uma teoria rival mais eficiente na resolução de problemas”*. (p.16).

Aqui, ele admitiu que o conhecimento científico não é definitivo, mas sim provisório e que as teorias podem mudar à medida que novas idéias vão aparecendo.

A transformação mais significativa, entretanto, ficou por conta dos mapas conceituais incluídos no final da monografia e que, segundo ele afirmou na página 20, foram *“feitos com base nos textos lidos durante o curso da disciplina e durante a construção dessa monografia”*. Ou seja, não se tratou de reprodução dos mapas conceituais construídos em aula.

Os mapas em número de seis, um para cada epistemólogo abordado, captaram corretamente os conceitos principais de cada filosofia relacionando-os adequadamente através de conectivos criativos e expressivos, como se pode ver na Figura 6.1.

Dessa forma, o ALUNO 23 mostrou que adquiriu habilidade e aparentemente se tornou usuário do novo instrumento heurístico (o mapa conceitual) o que, por si só, demonstra um avanço importante por influência da disciplina.

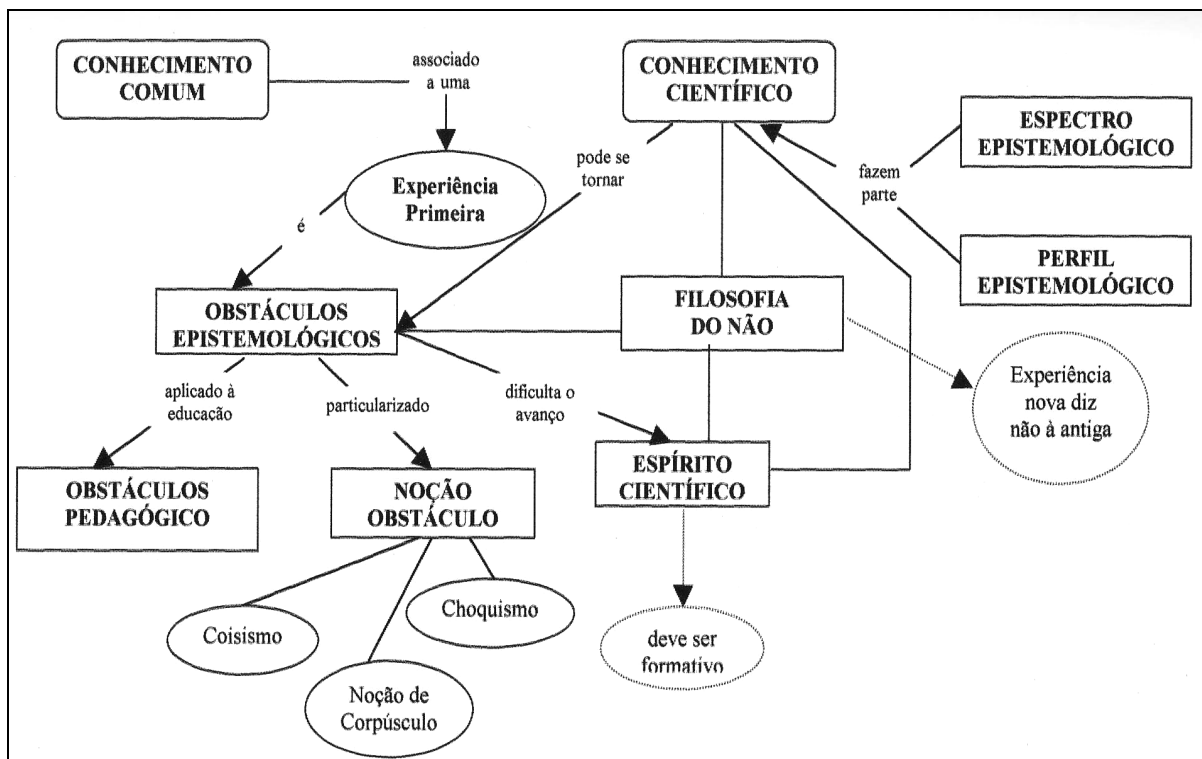


Figura 6.1 - Mapa conceitual do construído pelo ALUNO 23 como parte da conclusão da monografia

Na sua conclusão ele disse que:

MN(AL23): *“Acredito que a principal idéia que deve ser levada a diante (sic) para o ensino é proporcionar e apresentar aos alunos como a ciência é feita. Mostra-lhes como devem organizar suas noções e conceitos de forma que possuam até mesmo uma postura crítica quanto aos conceitos que lhes são apresentados, enfim, como distinguir ciência de não ciência. Como dizia Bachelard, a ciência como um permanente não, um permanente questionar permanente (sic).”* (p. 27).

O ALUNO 23 evidenciou que algumas idéias foram para ele muito marcantes: a demarcação entre ciência e não-ciência e, surpreendentemente, a “filosofia do não” de Bachelard. Dissemos “surpreendentemente” porque a filosofia de Bachelard pareceu a mais complexa, a que maior nível de conflito havia provocado nas discussões de sala de aula e a que apresentou maior dificuldade na elaboração dos mapas conceituais pelos grupos. Entretanto, pareceu cristalina ao ALUNO 23.

Desta forma, é possível afirmar que as discussões ao longo da disciplina conseguiram provocar importantes transformações na sua visão da natureza da ciência e introduzir novos aprendizados.

6.3 Alguns Achados

Nesta etapa da análise não tivemos a pretensão de comparar o antes e o depois, buscamos apenas extrair das afirmações, opiniões e conclusões os significados perspectivos e possíveis evidências da contribuição, ou não, do estudo das diferentes visões epistemológicas na formação de professores de Física mais reflexivos.

Pessoalmente não acreditamos que dados estatísticos, puramente, pudessem medir objetivamente esses ganhos e este foi o principal motivo da escolha da metodologia predominantemente interpretativa em nossa pesquisa. Como já mencionado no referencial metodológico, descrito no Capítulo 3, a realidade com a qual trabalhamos no nosso estudo foi uma “realidade socialmente construída” voltada aos significados que aquele grupo de estudantes atribuiu aos eventos, ações e interações dentro do contexto social da sala de aula em uma disciplina de História e Epistemologia da Física.

Adicionalmente, segundo a teoria ausubeliana, que nos tem servido de referencial teórico, a existência de informações relevantes, ou conhecimento prévio, na estrutura cognitiva do estudante facilita a incorporação do novo conhecimento através de uma relação substantiva e não-arbitrária com o conhecimento anterior.

*“Quando uma nova idéia **a** é aprendida significativamente e relacionada à idéia relevante estabelecida **A**, tanto as idéias são modificadas como **a** é assimilada pela idéia estabelecida **A**. [...] **A** e a nova idéia **a** sofrem modificações, formando o produto **A'a'**. [...] O mais importante é que tanto os produtos interacionais **a'** e **A'** permanecem em relação recíproca quanto em relação aos membros correlatos de uma unidade composta ou*

complexo adicional a'A'. No sentido mais complexo do termo, portanto, o produto interacional real do processo de aprendizagem significativa não é exatamente o novo significado de a', mas inclui a modificação da idéia básica e é o significado composto a'A'". (Ausubel, 1980, p. 104-106).

Assim, quando os estudantes demonstraram crenças parcialmente adequadas da natureza da ciência no início da disciplina entendemos que essa estabilidade organizacional das idéias serviu de elo às novas idéias, ou seja, as novas visões epistemológicas apresentadas ao longo da disciplina foram relacionadas a idéias e conceitos subsunçores¹² pré-existentes, tal que o resultado do processo de interação foi uma concepção diferenciada e melhor adequada às concepções contemporâneas.

Quando, entretanto, as crenças iniciais mostraram-se inadequadas procuramos identificar se no momento da elaboração da monografia já havia indícios de construção de uma concepção parcialmente correta ou de mudanças importantes que pudessem ser atribuídas às discussões procedidas durante a disciplina. Se essa situação se apresentava, também foi entendida como um ganho por efeito da disciplina, pois essas idéias serviriam de elo para um amadurecimento futuro.

Portanto, buscando construir uma categorização, consideramos que o estudante tinha uma **visão parcialmente adequada (categoria 2)** quando encontramos indícios de crenças consideradas abertas ou, em um ou outro aspecto, adequadas às visões contemporâneas (quer em relação à natureza da ciência, quer em relação à compreensão de conceitos considerados fundamentais nesta discussão como "experimentos", "leis", "teorias", etc, ou ainda, em relação ao papel da criatividade, imaginação e dos valores sociais e culturais envolvidos no processo de construção da ciência) que funcionassem como facilitadoras na aprendizagem significativa das novas idéias epistemológicas ou como mediadoras de posições críticas, reflexivas e contextualizadas.

Salientamos, como referido acima, que essa abertura ou adequação parcial (ou global) das crenças dos estudantes com relação às visões epistemológicas

contemporâneas pode ter sido, e em muitos casos foi, resultado das explicações, exposições e discussões, sempre de forma explícita, ocorridas durante a disciplina. Não estivemos interessados, porém, em avaliar o grau de profundidade dessas influências. Estivemos interessados sim, em atestar sua presença naquele momento, que por si só representou um ganho real. Lançadas as sementes buscamos indícios de que elas vingaram. Os frutos somente o tempo mostrará. Até porque, o sujeito leva muito tempo para dominar um *campo conceitual* (Vergnaud, *Teoria dos Campos Conceituais*, 1983, *apud* Moreira, 2002), aonde novos problemas e novas situações vão sendo acrescentadas ao longo do processo que é progressivo.

Consideramos **visão adequada (categoria 1)** quando identificamos crenças claramente alinhadas às visões epistemológicas contemporâneas e que favoreciam reflexões profundas sobre questões pertinentes.

E finalmente, consideramos **visão inadequada (categoria 3)** quando todos os indícios apontaram para crenças empiristas/indutivistas profundamente enraizadas ou, quando não foi possível levantar evidências que fornecessem pistas da concepção do estudante. Em geral, nestes casos os estudantes apresentavam críticas imparciais, desconexas ou permaneciam em isolamento ostensivo.

Assim, através das interpretações procuramos identificar: tendências de melhora nas visões existentes, indícios de avanços no processo de mudança das visões, diferenciação na compreensão de aspectos pontuais ou globais, ou simplesmente manutenção das crenças profundamente enraizadas nas mentes dos estudantes.

Todos esses achados foram sistematizados e deram origem a trinta (30) subcategorias associadas às três categorias principais, anteriormente especificadas. Isso foi feito devido à variabilidade de ênfases que os estudantes individualmente atribuíram aos diferentes aspectos das visões epistemológicas estudadas.

¹² Subsunçores: a idéia ou conceito que serve de “âncora” é chamada subsunçor. O processo de incorporação da nova informação é chamado de subsunção. (Ausubel et al, 1978).

Tabela 6.1 – Categorias e subcategorias das principais visões da natureza da ciência.

CATEGORIA	SUBCATEGORIA	FREQÜÊNCIA
1-visão adequada	A Com relação à natureza conjectural e provisória da ciência;	ALUNO 2; ALUNO 4
	B Com relação ao rechaço da visão empirista/indutivista da ciência;	ALUNO 2; ALUNO 3 ALUNO 4
	C Com relação à natureza tentativa e não cumulativa da ciência;	ALUNO 4
	D Com indícios de conscientização das implicações de visões epistemológicas contemporâneas na modificação e atualização das práticas didáticas;	ALUNO 2 ALUNO 3
	E Com indícios de forte influência das discussões na tomada de posição a favor da importância do estudo da história e epistemologia da ciência para uma formação mais abrangente;	ALUNO 2 ALUNO 3 ALUNO 4
	F Com indícios de forte influência das discussões na conscientização das visões inadequadas passadas por professores e livros de Física (e de ciências) aos alunos;	ALUNO 2 ALUNO 3
	G Com relação à natureza contextual da ciência;	ALUNO 3; ALUNO 4
	H Com indícios de possibilidade de adoção de novas estratégias/instrumentos heurísticos nas práticas docentes;	ALUNO 2 ALUNO 4
	I Com relação à contribuição de fatores não racionais (criatividade, imaginação, intuição, etc) no processo de construção da ciência;	ALUNO 3
2-visão parcialmente adequada	A Com aceitação da natureza conjectural e provisória da ciência;	ALUNO 6; ALUNO 7 ALUNO 9; ALUNO 10 ALUNO 13; ALUNO 14 ALUNO 15; ALUNO 16 ALUNO 17; ALUNO 18 ALUNO 19; ALUNO 23
	B Com entendimento de que “leis e teorias” podem mudar com o tempo, natureza evolutiva da ciência;	ALUNO 7; ALUNO 9 ALUNO 12; ALUNO 15; ALUNO 18; ALUNO 22
	C Com rechaço da visão empirista/indutivista da ciência;	ALUNO 6; ALUNO 7 ALUNO 12; ALUNO 13 ALUNO 16; ALUNO 22
	D Com indícios de que retirou da epistemologia ensinamentos para melhorar as práticas docentes	ALUNO 6; ALUNO 7 ALUNO 10; ALUNO 12 ALUNO 14; ALUNO 16 ALUNO 21; ALUNO 22 ALUNO 23
	E Com aceitação do “erro” e da natureza tentativa da ciência;	ALUNO 7; ALUNO 12 ALUNO 13; ALUNO 15 ALUNO 16; ALUNO 18 ALUNO 20;
	F Com indícios de que considerou importante o estudo da história e epistemologia da ciência para uma formação mais reflexiva e abrangente;	ALUNO 6; ALUNO 7 ALUNO 9; ALUNO 10 ALUNO 12; ALUNO 14; ALUNO 15; ALUNO 16; ALUNO 17; ALUNO 19; ALUNO 21

2-visão parcial mente adequada	G	Com reconhecimento do papel da criatividade, imaginação, etc. no processo de construção das teorias científicas;	ALUNO 10; ALUNO 13 ALUNO 16; ALUNO 19
	H	Com indícios de conscientização da responsabilidade social dos professores como “formadores de opinião”;	ALUNO 6
	I	Com percepção da natureza contextual da ciência;	ALUNO 7; ALUNO 10 ALUNO 16; ALUNO 21
	J	Com indícios de influência das discussões nas reflexões sobre a necessidade/importância de professores e livros didáticos passarem visões adequadas da natureza da ciência;	ALUNO 6; ALUNO 7 ALUNO 12; ALUNO 13; ALUNO 14; ALUNO 15;
	K	Com indícios de influência das discussões na diferenciação e articulação das diferentes visões epistemológicas;	ALUNO 6; ALUNO 18 ALUNO 20
	L	Com indícios de conflitos entre antigas e novas visões da natureza da ciência;	ALUNO 18; ALUNO 19 ALUNO 20; ALUNO 21
	M	Com opinião de que o estudo da epistemologia deveria ser estendido a outras categorias/outros cursos;	ALUNO 7
	N	Com aceitação de que diferentes embasamentos teóricos podem chegar a diferentes explicações para o mesmo conjunto de dados;	ALUNO 17
	O	Com relevância para a observação/experimentação;	ALUNO 14; ALUNO 16
	P	Com indícios de que considera importante o uso da História da Física (da ciência) como estratégia didática;	ALUNO 15
	Q	Com indícios de influência das discussões na percepção dos aspectos coletivos, institucionais e humanos do fazer científico;	ALUNO 10 ALUNO 17
3-visão inadequada	A	Com leves indícios de aceitação da natureza conjectural e provisória da ciência;	ALUNO 8
	B	Não forneceu indícios da influência da disciplina na mudança de concepção da natureza da ciência;	ALUNO 8
	C	Com leves indícios de aceitação da natureza mutável, evolutiva das leis e teorias científicas;	ALUNO 11
	D	Com leves indícios de influência positiva da disciplina na aquisição de novas estratégias didáticas;	ALUNO 11

As subcategorias bem como a *distribuição de frequência*¹³ com que elas apareceram ao longo da análise das monografias compõem a Tabela 6.1.

A partir dos dados da Tabela 6.1 construímos o Gráfico 6.1 que auxilia na visualização da frequência das categorias e subcategorias construídas nesta análise e fornece um panorama geral dos resultados obtidos buscando avaliar a influência da disciplina de História e Epistemologia da Física na transformação das concepções dos futuros professores de Física sobre a natureza da ciência.

¹³ Distribuição de frequência: compreende a organização dos dados de acordo com as ocorrências dos diferentes resultados observados. Ela pode ser apresentada sob forma tabular ou gráfica (Barbetta, 2003, p. 69).

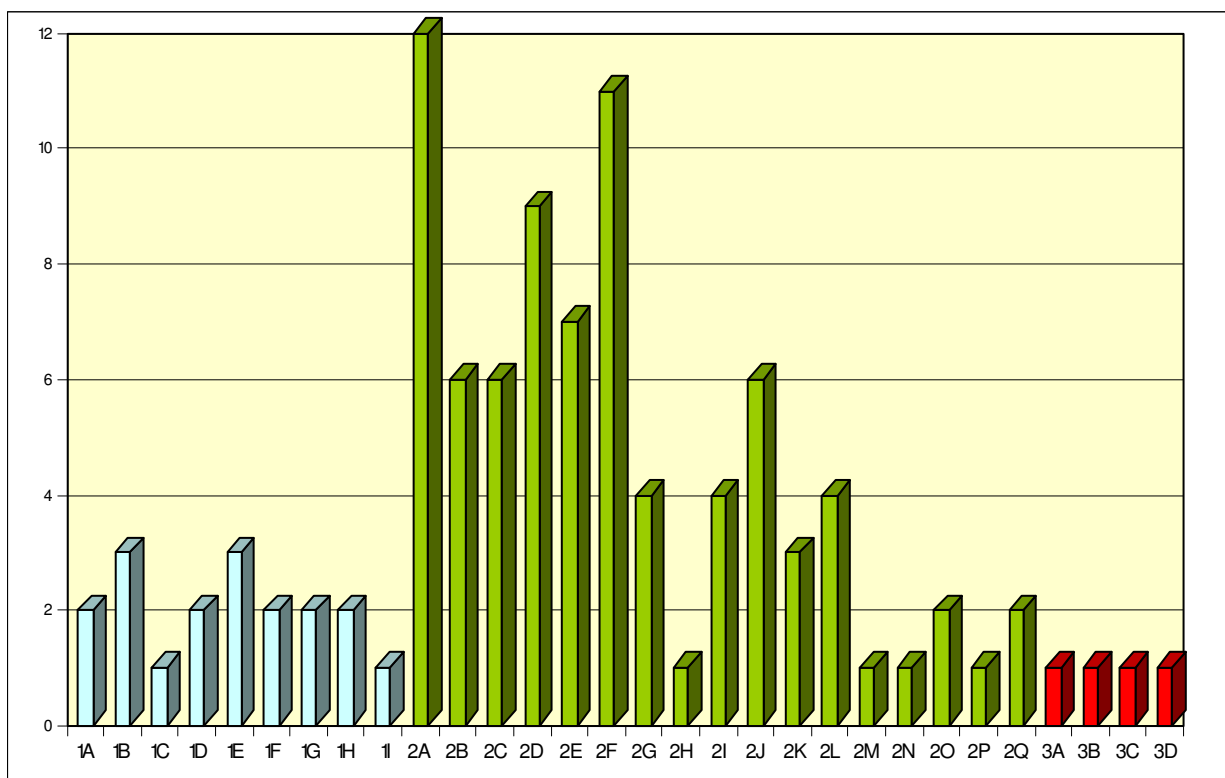


Gráfico 6.1 – Subcategorias com inicial “1” pertencem à categoria 1 (visão adequada);
 Subcategorias com inicial “2” pertencem à categoria 2 (visão parcialmente adequada);
 Subcategorias com inicial “3” pertencem à categoria 3 (visão inadequada).

Depreende-se do exame da Tabela 6.1 e do Gráfico 6.1, que a disciplina de História e Epistemologia da Física provocou evolução ou aprimoramento das concepções de 16 dentre os 21 estudantes que efetivamente concluíram o curso. Nossa convicção, além da análise qualitativa das monografias, está baseada nos resultados da análise etnográfica da observação participativa que indicou que a maioria dos estudantes tinha visões “inadequadas” sobre a natureza da ciência no início da disciplina. Se considerarmos que 3 estudantes tinham visões bastante adequadas no início da disciplina, mas que ainda assim foram ampliadas e melhoradas, então a influência positiva se estende para 90% dos estudantes. Apenas 2 alunos demonstraram permanecer, ao final da disciplina, com concepções “inadequadas”.

A maior concentração, representando um percentual de 76%, encontra-se na categoria 2 (visão parcialmente adequada). O resultado está de acordo, ou corrobora,

algumas teorias de aprendizagem contemporâneas, e.g. *Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud* (Vergnaud, 1983, *apud* Moreira, 2002). Para Vergnaud, o âmago do desenvolvimento cognitivo está na conceitualização do real e o sujeito leva muito tempo para dominar um campo conceitual, conforme referido anteriormente. Assim, é natural esperar que no final da disciplina, decorridos apenas quatro meses, a maioria dos estudantes estivesse com uma visão “parcialmente adequada” da natureza da ciência.

Este resultado também concorda com um dos achados do capítulo 5 da nossa pesquisa, aonde se constatou que mesmo que o professor desenvolvesse intensos esforços não conseguia fazer com que todos os estudantes participassem ativamente das discussões de sala de aula. Os alunos sentiam-se mais, ou menos, motivados por diferentes aspectos das visões epistemológicas apresentadas. Isso justifica as flutuações de freqüência nas subcategorias, dentro de uma mesma categoria.

A aceitação da natureza conjectural e provisória das teorias científicas foi o resultado mais freqüente. Mas é preciso destacar que 14 dentre os 21 alunos que concluíram o curso consideraram importante o estudo das visões epistemológicas contemporâneas para uma formação mais abrangente e mais reflexiva dos professores de Física, e de ciências em geral.

Como essa manifestação não havia sido solicitada nas monografias, mas apenas a apresentação comentada das idéias de cada filósofo estudado, ela surgiu de forma espontânea e pode ser considerada como um indicativo de que esta estratégia deve ser mantida, e melhorada.

Ênfase foi dada aos aspectos epistemológicos. Isso não significa que não foi dada importância aos aspectos históricos. Entendemos que a Epistemologia faz uso sistemático dos fatos históricos para modelar e construir seus pressupostos de tal forma que se constituem em faces complementares.

Assim, cremos que a disciplina de História e Epistemologia da Física, através de uma abordagem que adotou a apresentação e discussão das principais visões epistemológicas contemporâneas de forma explícita e também discutiu a Física de

doze diferentes períodos históricos, gerou uma evolução conceitual nas visões dos estudantes do Curso de Licenciatura em Física que cursaram a disciplina no primeiro semestre de 2004 e, contribuiu positivamente para a formação de um espírito mais reflexivo e crítico dos futuros professores de Física.

6.4 Observação na Disciplina de Pesquisa em Ensino de Física

Concomitante a esta análise, realizamos observação participante na disciplina de Pesquisa em Ensino de Física. A disciplina de Pesquisa em Ensino de Física é oferecida em semestre subsequente à disciplina investigada e naquela oportunidade o professor foi o mesmo, como também o grupo de estudantes, com exceção de três alunos que não se inscreveram nesta, sendo que dois eram os que tinham cursado a disciplina de História e Epistemologia da Física em caráter não-obrigatório, pois eram alunos do curso de Bacharelado em Física.

O objetivo da disciplina de Pesquisa em Ensino de Física é apresentar as principais teorias de aprendizagem, o construtivismo, a mudança conceitual, os referenciais teóricos para pesquisa em ensino de Física e os enfoques (quantitativo e qualitativo) na pesquisa em ensino de Física. Nas palavras do professor: *“espero que vocês saiam deste curso interessados e que na vida docente acompanhem as novidades da pesquisa em ensino de Física”*.

A metodologia seguiu sendo colaborativa presencial e participativa, aonde espaços eram abertos para discussões, trabalhos de grupo, apresentações, etc. Decidimos continuar a observação participante movidos pela esperança de que acompanhando as atividades e discussões aparecessem evidências das mudanças nas visões epistemológicas dos estudantes.

De forma bastante sucinta podemos dizer que:

- aparentemente a estratégia de debates e discussões em sala de aula foi incorporada pelos estudantes, pois questões e dificuldades na execução dos “mini-

projetos de pesquisa” elaborados e desenvolvidos naquela disciplina eram amplamente discutidas em sala de aula;

- os “mini-projetos de pesquisa” foram realizados em duplas nas escolas da rede pública e/ou particular de escolha dos estudantes. Mas o que se pôde observar é que eles traziam para debate todas as diferentes categorias de problemas enfrentados e observados no desenvolvimento dos projetos, como: práticas de sala de aula inadequadas, imagens da ciência empiristas-indutivistas passadas por professores, deficiências no conteúdo e na carga horária da Física no Nível Médio, enfoques instrucionais superados, falta de liberdade para o professor de Física, falta de material e de laboratórios adequados, problemas disciplinares com os alunos, desmotivação, falta de interesse de professores e alunos, necessidade de reforma do curricular, etc., dando indícios de que lançavam para a problemática docente e escolar um olhar reflexivo e contextualizado.

- em um dia muito quente de final de semestre (24/11/2004) em que foi utilizado um texto publicado na revista *Veja* intitulado “*os melhores brasileiros*” (*Veja*, 03/11/04, p.130), que faz referência ao processo de indexação de periódicos científicos e da “revisão pelos pares” na pesquisa em ciência e no ensino de ciências, um grande debate se estabeleceu na sala de aula. Em geral os alunos: contestaram a visão epistemológica passada pela reportagem aonde “*o método científico é tido como rigoroso e implacável, mas a epistemologia atual contesta isso*” (ALUNO 6). Mas, não sem resistências: “*se não existe um método científico não existe também uma chance de sucesso (referindo-se aos cientistas que buscam reconhecimento pelos pares)*” (ALUNO 1), ao que o professor respondeu que a “*chave está no trabalho duro e persistente*”. Questões da ciência atual, a importância da Física Teórica, dos laboratórios, da Física produzida no Brasil e sua repercussão no cenário internacional foram também debatidas com interesse e de forma crítica.

De maneira geral, os comentários dos alunos apoiaram nossas convicções de que a disciplina de História e Epistemologia da Física tinha influenciado positivamente na evolução das visões dos estudantes da natureza da ciência.

Capítulo 7

EVOLUÇÃO DAS VISÕES E CRENÇAS DE FUTUROS PROFESSORES DE FÍSICA SOBRE A NATUREZA DA CIÊNCIA: INFLUÊNCIA DE UMA DISCIPLINA DE HISTÓRIA E EPISTEMOLOGIA DA FÍSICA

7.1 Introdução

Este capítulo representa a quarta e última etapa de análise de dados de um “estudo de caso etnográfico sobre a contribuição de diferentes visões epistemológicas contemporâneas na formação de Professores de Física” no contexto de um curso de formação de professores de Física. Nesta etapa procedemos à análise interpretativa das entrevistas semi-estruturadas elaboradas com os estudantes inscritos na disciplina História e Epistemologia da Física, no 1º Semestre de 2004. A disciplina foi oferecida no sétimo semestre do curso de Licenciatura em Física, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, em um total de 64 horas-aula, correspondentes a quatro créditos.

A entrevista constou basicamente de onze (11) perguntas abertas, mostradas na Tabela 7.1. Porém, dependendo da evolução do diálogo, caso a caso, as perguntas originais deram origem a outras ou subdividiram-se em um número maior de questões complementares.

Tabela 7.1 - Principais questões da entrevista semi-estruturada.

Nº	QUESTÃO
1	O que levou você a estudar Física?
2	Uma vez tendo escolhido Física, que levou você a escolher ser Professor de Física?
3	O que você achou da disciplina de História e Epistemologia da Física? Você tem críticas ou sugestões?
4	Na disciplina História e Epistemologia discutimos diferentes visões sobre a natureza da ciência, seu processo de construção e evolução. Você entende que esse estudo é importante para a formação dos professores? Tem implicações para o ensino de Física?
5	Sua “cabeça”, concepções, crenças sobre o fazer científico e sobre a natureza da ciência mudaram por efeito da disciplina?
6	Como você define ciência hoje?
7	Alguns Filósofos da Ciência falam que aprendemos com nossos erros (Bachelard fala na Filosofia

	do Não). Você acha que o erro está presente na ciência? Assim como na vida cotidiana?
8	Leis e teorias podem mudar?
9	Qual o papel da observação/experimentação científica?
10	Em que momento do curso a cadeira deveria ser oferecida (início meio, fim), o que você acha? Por quê?
11	Vários epistemólogos contemporâneos (Toulmin, Maturana, Feyerabend) falam que a ciência é uma construção que inclui múltiplas variáveis: disciplinares, sociais, culturais, econômicas, políticas, etc. Nessa óptica, você acha que o professor de física tem responsabilidade social?

As entrevistas tiveram o objetivo de captar a influência da disciplina na evolução das visões e crenças dos estudantes da natureza da ciência, e do seu processo de evolução; verificar o nível de retenção das idéias epistemológicas estudadas; identificar a contribuição para a reflexão crítica e a conscientização das responsabilidades da prática docente; coletar opiniões, críticas e sugestões dos estudantes com relação ao desenvolvimento e metodologia da disciplina.

A abordagem da disciplina incluiu a apresentação e discussão, de forma explícita, de algumas das principais visões epistemológicas contemporâneas (idéias de: Karl Popper, Thomas S. Kuhn, Imre Lakatos, Gaston Bachelard, Larry Laudan, Stephen Toulmin, Humberto Maturana e Paul Feyerabend); elaboração de trabalhos individuais e de grupo (mapas conceituais e quadros comparativos) que foram apresentados em sala de aula e amplamente discutidos; apresentação pelos estudantes de seminários sobre História da Física e elaboração de duas monografias (uma abordando a epistemologia e outra abordando um período da História da Física, o mesmo que gerou a apresentação do seminário para cada dupla de estudantes).

A disciplina, objeto de nosso estudo, ocorreu no primeiro semestre de 2004. As entrevistas, entretanto, aconteceram no período de outubro/2004 a julho/2005 decorrido, portanto, algum tempo após o término da disciplina.

Esta análise apresenta os dados mais relevantes levantados nas entrevistas semi-estruturadas, procurando discuti-los e interpretá-los à luz dos pressupostos básicos que guiaram nossa pesquisa (de que visões incorretas da natureza e evolução da ciência acabam gerando práticas docentes inadequadas).

7.2 Análise e Resultados

As entrevistas foram realizadas individualmente seguindo o ritmo e o encadeamento das idéias de cada estudante. Ainda assim, todos os entrevistados responderam a um conjunto mínimo de perguntas, mostradas na Tabela 7.1. Esta estratégia permitiu-nos sistematizar as respostas em tabelas para tornar a análise mais objetiva.

Ainda que a pesquisa qualitativa/interpretativa seja basicamente descritiva, consideramos que o processo foi minuciosamente detalhado nas etapas anteriores e, portanto, esta fase privilegia a análise dos resultados coletados nas entrevistas.

A Tabela 7.2 sintetiza as respostas dos alunos à questão 1 (*o que levou você a estudar Física?*).

As respostas foram classificadas em categorias. Embora em muitos casos o entrevistado tenha feito menção a diferentes aspectos, o que levaria sua resposta à classificação simultânea em diferentes categorias, procuramos classificá-la apenas na categoria em que houve maior ênfase.

Nesse mesmo espírito, fizemos recortes de forma que, em geral, as respostas foram mais extensas e mais abrangentes. Optamos por transcrever apenas os pontos mais significativos da fala, a nosso entender, com o objetivo principal de reduzir a extensão da análise.

Tabela 7.2: Respostas à Questão 1.

Nº	CATEGORIA	RECORTES DAS RESPOSTAS
1	Paixão pela Física (curiosidade, sonho de desvendar, abrangência, etc).	<i>ALUNO 4: Eu escolhi fazer Física basicamente por causa da Astronomia. Depois eu vi que ela tinha a ver com Física Quântica, então eu faço Física por causa da Astronomia e da Física Quântica.</i>
		<i>ALUNO 6: Desde pequeno eu sempre gostei muito de filmes de ficção científica. (...). Confesso que entrei na Física encantado com a página de Astronomia.</i>
		<i>ALUNO 9: Basicamente porque eu gosto da natureza, acho que desvendar a natureza é muito fascinante e sedutor. (...). O curso de Física desvenda, interpreta, vislumbra e essa é a diferença.</i>
		<i>ALUNO 11: Desde o início, quando tive as primeiras aulas de Física no colégio, eu gostei de Física e quis fazer Física.</i>

		<p>ALUNO 16: <i>Eu gostava, tinha interesse. Descobri que desde pequeno eu gostava de algumas coisas da área de ciências. (...) Física era o que mais me interessava.</i></p> <p>ALUNO 17: <i>Porque eu queria saber como as coisas acontecem, como funciona o mundo. Eu tinha vontade de saber como funcionava por dentro, e aí pude perceber algumas coisas...</i></p> <p>ALUNO 22: <i>Eu sempre tive, no segundo grau, certa facilidade em Física e Matemática e aí comecei a me interessar por isso. (...) Aí quando entrei na faculdade já tinha 20 anos, estava mais maduro e escolhi Física mesmo. (...).</i></p> <p>ALUNO 23: <i>(...)Aí comecei a estudar Química e Física e me aproximei mais pela Física. Escolhi Física por ser mais abrangente do que a Matemática.</i></p>
2	Influência motivadora do Professor de Física do Nível Médio.	<p>ALUNO 2: <i>(...) Aí perguntei ao meu professor de Física como era o mercado de trabalho, ele me disse que para pesquisador é complicado, mas como educador tem bastante vagas. Eu entrei na Física mais por incentivo dele.</i></p> <p>ALUNO 3: <i>'A priori' foi incentivo do meu professor de Física do Segundo Grau. Eu ia bem na Física e ele começou a me incentivar e conversar (...).</i></p> <p>Aluno 7: <i>A primeira coisa que me chamou atenção é que no Segundo grau meus professores eram muito bons (...) faziam o que a gente faz aqui, olhavam para o cotidiano, se preocupavam com a parte conceitual. Eles motivavam (...).</i></p> <p>ALUNO 10: <i>Desde pequeno sempre tive minhas dúvidas. Quando eu era pequeno meus pais respondiam minhas dúvidas. Quando fui crescendo meus professores tiravam as minhas dúvidas (...). (...) ele me elogiou, eu tive uma sensação muito boa, gostei e isso me incentivou a continuar na Física. (...).</i></p> <p>ALUNO 12: <i>(...). Eu sempre fui bem no colégio e tinha um professor que eu gostava muito que era o professor de Matemática, ele sempre incentivava a estudar mais. Como eu achava a Matemática meio solta demais eu comecei a gostar muito de Física. (...).</i></p> <p>ALUNO 14: <i>A curiosidade. Eu gostava de Física e os meus professores de segundo grau despertaram a minha curiosidade para a ciência. Eles me influenciaram a ser curioso.</i></p> <p>ALUNO 15: <i>Para dar aula. Na verdade para dar aula a gente ganha pouco, mas eu conversei com meu professor de Física do Segundo Grau... A disciplina que eu mais gostava era Física. (...).</i></p> <p>ALUNO 18: <i>Sinceramente eu não sabia o que escolher no vestibular. Tenho minha mãe que é professora de Física, sempre tive curiosidade na área de ciências exatas (...), então simplesmente escolhi Física.</i></p>
3	Por ter tido maus Professores de Física do Nível Médio.	<p>ALUNO 21: <i>Por gostar de Física e por não ter tido bons professores de Física no Nível Médio, mas eu era autodidata (...).</i></p> <p>ALUNO 20: <i>Quando tive Física no Segundo Grau era muito ruim. (...). Mas o que mais me motivou é que eu queria fazer melhor do que estavam fazendo por mim. (...).</i></p>
4	Desejo de aprender e utilizar a Física de forma prática para melhorar a vida humana.	<p>ALUNO 13: <i>(...). Mas o que me levou à Física agora é que eu tive câncer e fiz uma quantidade imensa de exames e me chamou atenção a falta de preparo dos profissionais de saúde tanto com relação a submeter os pacientes a radiações mais intensas do que as necessárias quanto em reduzir a vida útil dos equipamentos (...).</i></p>

5	Questões associadas com o mercado de trabalho.	ALUNO 1; <i>Não foi muito fácil de escolher, escolhi nas vésperas do vestibular. Primeiro eu queria fazer Química e escolhi Física analisando o mercado de trabalho. (...).</i>
6	Questões associadas ao ingresso à universidade.	ALUNO 17: <i>Eu sempre tive facilidade com as ciências exatas, pensei em Matemática, Química, Física, engenharias, mas algo me atraiu para a Física, talvez a facilidade de entrar na Universidade.</i>

Observa-se que oito estudantes, representando 38% dos entrevistados, responderam que estudam Física movidos pela *“paixão pela Física”*. Isto concorda com a epistemologia de Humberto Maturana. Para Maturana (2001) há sempre uma emoção por trás do domínio no qual acontece uma ação, quer para o cientista, quer para a vida cotidiana. No caso da ciência a emoção fundamental é a curiosidade sob a forma de *“paixão de explicar”*.

Entendemos que o bom número de respostas que convergem para a *“paixão pela Física”* constitui um forte argumento a favor do estudo da epistemologia nos cursos de graduação em Física e possivelmente para outras áreas das ciências, pois pode auxiliar na compreensão da própria escolha dos estudantes, das suas aspirações, dos seus objetivos. Em outras palavras, pode contribuir para torná-los mais conscientes e auto-críticos.

Porém, o dado mais revelador foi que dez, ou quase 50% dos entrevistados, responderam que estudam Física por questões associadas à motivação (ou falta dela, em dois casos) dos seus próprios professores de Nível Médio. Isso sugere o alcance da influência dos professores nas escolhas dos seus alunos e não deixa dúvidas sobre a necessidade e importância da boa formação dos Professores de Física em particular, e de Ciências, em geral.

Se quisermos ter mais físicos estudando e fazendo ciência, devemos começar preocupando-nos com a formação dos Professores de Física que irão para a sala de aula das escolas secundárias do nosso País. Lá nascem (ou são sufocados) os sonhos e são nutridas as esperanças e as expectativas dos futuros cientistas, bem como dos futuros cidadãos.

McAdam (1990) afirma que muitas das atitudes e opiniões adultas resultam da maneira como percebemos o mundo na infância e juventude e que “o apoio à pesquisa científica e a valorização de uma educação científica dependem grandemente das atitudes em relação à ciência naquele momento”. E as atitudes com relação à Física são inevitavelmente influenciadas pelos professores, conforme testemunho dos próprios estudantes.

A Tabela 7.3 sintetiza as respostas dos alunos à questão 2 (o que levou você a escolher ser Professor de Física?).

Tabela 7.3: Respostas à Questão 2.

Nº	CATEGORIA	RECORTES DAS RESPOSTAS
1	Gosto pela Licenciatura.	ALUNO 1: (...). <i>Eu gostava de dar aula, quando eu fazia ensino médio eu ensinava meus colegas nas aulas de Física, Matemática.</i>
		ALUNO 4: <i>Poder passar esses conhecimentos de Física Quântica e Astronomia principalmente para o Ensino Médio aonde não é muito falado. (...).</i>
		ALUNO 6: <i>Depois que entrei na Física me chamaram para dar aula e comecei a gostar, daí saí do Bacharelado e fui pra Licenciatura. (...). Minha mãe brigava comigo porque eu escrevia na porta do meu armário com canetinha e brincava de dar aula para minha irmã (...).</i>
		ALUNO 10: <i>Seria um pouco para sair dessa área de exatas e trabalhar com Humanas, sou uma pessoa equilibrada, gosto de trabalhar não apenas com uma área de conhecimento. Com Educação eu posso trabalhar com Humanas (...).</i>
		ALUNO 11: <i>Eu sempre quis ser professor desde pequeno porque minha mãe é professora e eu queria ser também. Mas ultimamente eu vi que não é isso (...) é em pesquisa que eu quero trabalhar.</i>
		ALUNO 12: <i>Eu sei que vou terminar dando aula, porque eu gosto de dar aula, só que eu não me vejo fazendo só isso. Penso em trabalhar até com divulgação científica (...).</i>
		ALUNO 13: (...). <i>Sempre foi vontade minha ser professor, eu venho de uma família de professores.</i>
		ALUNO 15: <i>Eu trabalhei na pesquisa e achei chatíssimo. Eu gosto mesmo é do ambiente de colégio, da conversa de corredor, de contato com os alunos. (...).</i>
		ALUNO 23: (...). <i>foi aquela imagem do profissional em sala de aula, eu gostava muito do contato com o pessoal, contato aluno-professor, do respeito enquanto existia. Talvez também um pouco de vocação familiar (...).</i>
2	Superar a deficiência de seus professores.	ALUNO 21: <i>Pela deficiência dos professores que eu tive.</i>

3	Decepção com o curso de Bacharelado em Física.	ALUNO 3: (...) <i>me decepcionei totalmente com o Bacharelado, daí em diante resolvi fazer Licenciatura. Quando comecei a fazer as cadeiras da Licenciatura descobri que eu gostava (...).</i>
		ALUNO 7: <i>Eu comecei fazendo Bacharelado, mas no andar da carruagem eu vi que não combinava comigo. Aos poucos, conversando com o pessoal da Licenciatura descobri um lado mais humano (...).</i>
		ALUNO 17: (...) <i>. Comecei a fazer Física e tive bastante dificuldade no início. Pensei até em desistir do curso, mas aí me convidaram para dar aulas como voluntário e me apaixonei, foi a motivação para continuar no curso. Aí saí do Bacharelado para a Licenciatura.</i>
4	Questões relacionadas a oportunidades de trabalho.	ALUNO 14: <i>As circunstâncias, de precisar de trabalho. Aí depois eu gostei e fui ficando, mas eu optei pela Licenciatura depois de ter começado a dar aula, eu estava no Bacharelado.</i>
		ALUNO 16: <i>Foi uma questão de estratégia. Eu comecei a fazer curso superior porque queria fazer um concurso dentro da Aeronáutica. Foi uma questão de unir o útil ao agradável. (...).</i>
		ALUNO 18: (...) <i>decidi primeiro fazer Licenciatura para poder começar a dar aula, trabalhar e poder me sustentar e depois continuar na carreira de pesquisa. Mas os dois últimos semestres foram bastante gratificantes (...).</i>
		ALUNO 19: <i>Bacharel não tem emprego e tem que estudar muito para chegar até o Doutorado para então poder trabalhar. (...) então Licenciatura é o caminho mais rápido para chegar ao emprego (...).</i>
		ALUNO 22: (...) <i>. Como eu tinha que trabalhar me pareceu que em um primeiro momento Licenciatura preparava mais para o mercado de trabalho. Mas eu não me arrependi (...) é uma atividade que pode contribuir com alguém, porque ser professor é uma coisa séria.</i>
		ALUNO 20: (...) <i>. Como estava perto da formatura e eu não sabia o que iria acontecer no futuro, achei que era importante o conhecimento, eu teria que fazer as cadeiras da Licenciatura porque acho que só com o Bacharelado não dá, é muito teórico e não é isso que se precisa para o Segundo Grau.</i>
5	Busca de aperfeiçoamento didático	ALUNO 2: (...) <i>gostaria de dar aula em uma Universidade como a UFRGS, mas não quero ser um professor sem didática alguma, por isso mudei. Eu imaginei que a Licenciatura poderia me dar bastante ferramental didático (...).</i>
		ALUNO 9: (...) <i>surgiu uma oportunidade de dar aula e eu aceitei. Mas embora eu dominasse o conteúdo fui um desastre, não tinha nenhum domínio da turma e então decidi fazer Licenciatura para desvendar essa relação aluno-professor que é fascinante (...).</i>
		ALUNO 20: (...) <i>. Como estava perto da formatura e eu não sabia o que iria acontecer no futuro, achei que era importante o conhecimento, eu teria que fazer as cadeiras da Licenciatura porque acho que só com o Bacharelado não dá, é muito teórico e não é isso que se precisa para o Segundo Grau.</i>

A Tabela 7.3 mostra que nove, ou 42% dos entrevistados, optaram pela Licenciatura em Física porque gostam de dar aulas, gostam do ambiente escolar e das relações aluno/professor (categoria 1). Se somarmos os três alunos cujas respostas compõem a categoria 5, aonde os estudantes revelam que perceberam,

por um processo de autocrítica, a necessidade de aperfeiçoamento didático, esse percentual sobe para 57%.

Portanto, paixão e preocupação com a docência em Física colocaram 57% dos estudantes inscritos na disciplina História e Epistemologia da Física do sétimo semestre/2004 do curso de Licenciatura em Física da UFRGS, na condição de pré-disposição para a aprendizagem e aperfeiçoamento da sua formação docente. Se assumirmos que este resultado pode ser estendido a cursos similares, então esse dado revela um enorme potencial a ser explorado pelos cursos de formação de professores.

Segundo Lev Vygotsky (Vygotsky, 1988, apud Moreira, 1999) o desenvolvimento cognitivo somente pode se dar através da socialização. Os processos sociais dão origem aos processos mentais superiores (pensamento, linguagem, comportamento volitivo, etc.).

Portanto, se grande parte dos estudantes de Licenciatura em Física estão naturalmente pré-dispostos às relações sociais, relações de sala de aula e do ambiente escolar, estão naturalmente pré-dispostos ao comportamento volitivo, à aprendizagem e interiorização de disciplinas específicas voltadas à formação docente, que os cursos de graduação podem e devem mediar.

A disciplina da História e Epistemologia da Física é uma delas. Mas os estudantes revelaram o desejo de outras, como se pode verificar nas respostas à questão 3.

A Tabela 7.4 mostra as respostas dos alunos à questão 3 (*O que você achou da disciplina de História e Epistemologia da Física? Você tem críticas ou sugestões?*).

Tabela 7.4: Respostas à questão 3.

Nº	CATEGORIA	RECORTES DAS RESPOSTAS
1	Gostou da disciplina e da metodologia utilizada.	ALUNO 1: <i>Eu gostei da disciplina. No início talvez seja complicado até a gente se acostumar porque é uma novidade e é complexo relacionar os conceitos. Mas o professor retoma os conceitos principais, vai e volta, discute, facilita (...).</i>
		ALUNO 11: <i>Acho que sim. Valeu a pena fazer a disciplina.</i>

		<p>ALUNO 13: <i>Ajuda o professor a ser mais reflexivo. Dá uma visão clara de como a gente está conduzindo a tarefa de ensinar os alunos a pensar, que é muito importante.</i></p> <p>ALUNO 18: <i>Com certeza contribui para um professor mais reflexivo, chegar numa sala de aula e tentar mostrar que a Física é realmente algo que está em construção. (...).</i></p> <p>ALUNO 20: <i>Eu acho que é importante para ambos, Licenciatura e Bacharelado, porque mesmo para quem fica aqui, passa o tempo todo fazendo contas (...) sem se preocupar com nada além daquilo. Quanto mais cultura tu tens, é melhor.</i></p> <p>ALUNO 21: <i>Achei a cadeira fantástica. Poderia ter sido até antes. É uma cadeira em que tu tens que pensar mais do que calcular, faz pensar no que tu estás fazendo.</i></p>
2	Gostou da disciplina, mas não concorda com a metodologia.	<p>ALUNO 12:...(pausa). <i>O assunto eu achei muito bom, mas não gostei do método de trabalho. (...). Eu acho que faltou aprofundar um pouco mais. (...) a gente gastava uma aula discutindo (...) e outra um grupo repetindo o outro. Eu não sei se isso realmente valeu a pena. Eu acho que poderia ter sido mais aprofundado cada assunto. Então, para resumir, você acha que deveria ser dividida em duas?</i></p> <p><i>R: Sim. História da Física no início do curso e Epistemologia no final.</i></p>
3	Gostou da disciplina e sugere maior aprofundamento com criação de duas disciplinas, ou aumento da carga horária.	<p>ALUNO 2: <i>Ela é fundamental. (...). A única sugestão é que se separe a História da Epistemologia. Acho que a gente poderia ter se aprofundado mais na Epistemologia e ter visto mais autores (...). A História da Física também é muito bonita (...), mas para entender epistemologia não basta ler, é preciso orientação e debate.</i></p> <p>ALUNO 3: (...). <i>Quando me inscrevi o que me chamou atenção foi a História da Física, por isso eu esperava mais história (...). No entanto Epistemologia também é importante e por isso, a meu ver, a cadeira deveria ser dividida em duas: uma de Epistemologia da Física e outra de História.</i></p> <p>ALUNO 4: <i>Gostei da disciplina. Acho que para o tempo que a gente teve, 5 meses, foi bastante válida a metodologia utilizada (...). (...) não tinha tido nenhum contato com esse tipo de abordagem durante o curso. (...) deveriam ser duas disciplinas: uma de História e outra de Epistemologia.</i></p> <p>ALUNO 6: <i>Achei muito boa, só achei que a gente entrou muito pouco na Epistemologia, (...) deveríamos ter visto mais profundamente o Maturana (...). De repente se aumentasse o número de créditos ou se a gente tivesse uma leitura obrigatória, por exemplo, o livro do Chalmers (1999). (...). Talvez dividir em duas (...).</i></p> <p>ALUNO 7: <i>Acho que a sugestão que eu gostaria de dar é que a disciplina tivesse 6 créditos. (...) poderíamos ver mais epistemólogos e discutir mais a História da Física. Mas a cadeira foi muito importante.</i></p> <p>ALUNO 9: <i>Achei fascinante. A única crítica é não ter tido mais tempo para abordar (...). Acho que deveria ser dividida em duas disciplinas, parte da História e parte da Epistemologia, porque o conteúdo é extenso e foi difícil diluir tudo tão rapidamente.</i></p> <p>ALUNO 10: <i>Acho o estudo interessante, mas acho que mais vale como questão de conhecimento do que para aplicar na sala de aula. (...). Vale a pena porque o aluno chega ao final do curso de Física só com cadeiras de exatas e não está acostumado a ler (...).O ideal seria que tivesse um pouco mais de tempo, que tivesse uma Epistemologia II (...).</i></p>

		<p>ALUNO 16: <i>Quando me inscrevi para a disciplina não sabia o que era Epistemologia (...). Deve ser uma cadeira chata. Mas não! No final do curso saí com uma idéia totalmente diferente de como se faz ciência.(...) Acho que deveria ser uma disciplina, à parte, de História da Física. Epistemologia deveria vir antes. Daí eu olho para a História com outra visão.</i></p> <p>ALUNO 17: <i>Acho que a disciplina é importante (...). Acho que História e a Epistemologia devem vir juntas como aconteceu, até para a disciplina ficar mais agradável. Mas eu acho que deveria ser dividida em duas para a gente estudar com calma todas as idéias. (...). Acho que a maior preocupação é assimilar a Epistemologia porque a História a gente lê nos livros (...).</i></p> <p>ALUNO 19: <i>Eu acho que a cadeira contribuiu principalmente pela História da Física, embora eu ache que deveria ter uma ênfase maior. (...) A minha sugestão é dividir a cadeira. (...) para a gente estudar bem. Quando a gente explica o conteúdo e fala da História os alunos ficam atentos (...) eles gostam.</i></p> <p>ALUNO 22: <i>Deveriam ser duas disciplinas, cada uma com sua carga horária. (...). Em geral, aula de Física os alunos não gostam, mas quando a gente fala um pouco de história todo mundo pára para ouvir (...), parece que motiva. Quando a gente fala da parte histórica a gente pode falar da natureza das teorias, da questão da modelagem.</i></p> <p>ALUNO 23: <i>Eu achei válida sim. Até acho que poderia ser dada ênfase também para a História da Física (...). Epistemologia também é interessante. Talvez tivesse então que aumentar a carga horária da disciplina ou dividir em duas: uma História e outra Epistemologia (...). Achei o sistema das monografias bom (...).</i></p>
4	Gostou da disciplina mas deveria ser mais pragmática e dividida em duas.	<p>ALUNO 14: <i>A disciplina é bastante boa (...).Acho que poderia ser uma disciplina mais pragmática e prática. (...). Acho que é bom estudar todas essas teorias, mas a gente tem que aprender a aplicar na sala de aula. (...).Acho que ficaria mais abrangente se fosse dividida, teria mais tempo para aprofundar e melhorar o entendimento.</i></p>
5	Discorda da metodologia, sugere criação de duas disciplinas para privilegiar a História.	<p>ALUNO 15: <i>Eu gostei mais da parte de História. (...). Eu acho chato ler os textos e fazer resumo dos epistemólogos (...) acho que poderia ser diferente, elaborar um plano de ensino sob as visões epistemológicas (...). Acho que deveriam ser duas disciplinas justamente para privilegiar a parte de História. A Epistemologia por primeiro e depois uma de História.</i></p>

Todos os estudantes afirmaram ter gostado da disciplina de História e Epistemologia da Física. Expressando-se cada um a seu modo, em geral, entenderam que os assuntos estudados foram “importantes”, “interessantes”, “faz pensar”, “contribui para um professor mais reflexivo”.

A maioria aprovou a metodologia da disciplina (exceção feita ao ALUNO 12 e ALUNO 15) a qual incluiu a apresentação e discussão de forma explícita das visões epistemológicas de oito dos principais filósofos da ciência do século passado,

elaboração de mapas conceituais em grupo, apresentação, debates e discussões das principais idéias, elaboração de monografia sobre as idéias epistemológicas do século XX; e seminários e monografia em dupla de doze períodos históricos mais significativos da Física.

Destaca-se que quinze estudantes, ou 71%, correspondendo às categorias 2, 3, 4 e 5, entenderam que os assuntos deveriam ser estudados com maior profundidade, tanto no que concerne às visões epistemológicas quanto aos aspectos históricos da Física.

Como sugestão, onze estudantes afirmaram que a História e a Epistemologia deveriam formar disciplinas distintas. Em geral entenderam que a Epistemologia deveria ser oferecida antes e vir seguida pela História da Física. O objetivo seria lançar sobre a História da Física uma visão epistemologicamente adequada. Quatro alunos entendem que história e epistemologia deveriam ser mantidas juntas, porém os assuntos deveriam ser aprofundados, com inclusão de mais filósofos da ciência para que, distribuindo-os em duas disciplinas e aprofundando as discussões, pudesse *“dar tempo de assimilar melhor as idéias”*.

Os estudantes declararam-se mais familiarizados com a História da Física, mas mostraram-se positivamente surpresos com a Epistemologia, embora muitos nunca tivessem ouvido falar.

De maneira geral, manifestaram que as idéias sobre a natureza e justificação do conhecimento são mais complexas, muito abrangentes, na maioria das vezes inusitadas e contrariando as noções tradicionais transmitidas durante todo o curso de Física (caracterizado como eminentemente empirista-indutivista) e daí a preocupação de muitos (15 estudantes) em aumentar o tempo e a profundidade desse estudo.

Se tivéssemos que destacar a fala mais comum entre os que defendem a criação de duas disciplinas diríamos que girou em torno da idéia bem colocada pelo ALUNO 2: *“para entender História basta ler, mas para entender Epistemologia não basta ler, é preciso orientação e debate”*.

A Tabela 7.5 mostra as respostas dos alunos à questão 4 (*você entende que esse estudo é importante para a formação dos professores? Tem implicações para o ensino de Física?*).

Tabela 7.5: Respostas à questão 4.

Nº	CATEGORIA	RECORTES DAS RESPOSTAS
1	É importante porque fornece argumentos para adquirir (e ensinar) uma nova visão da natureza da ciência.	<p>ALUNO 1: <i>(pausa) Não sei. Acho que é importante, esclareceu muitas coisas sobre a Ciência, dá uma visão mais ampla.</i></p> <p>ALUNO 2: <i>Sim, com certeza (...) eu já tinha começado minha mudança conceitual. (...). O Instituto de Física passa uma idéia de que a Física é absolutamente empirista-indutivista, inclusive professores que eu admiro (...) acham que as teorias têm que vir da experiência.</i></p> <p>ALUNO 6: <i>(...) o filósofo faz com que tu penses e minha visão dentro do curso mudou muito. Eu acho que foi extremamente importante (...) tu encaras as coisas de uma maneira diferente. Nunca se falou durante o curso de Física em outra visão (...) O curso de Física todo dá aquela visão de que “é assim”, “acontece dessa maneira...” Faz parecer que a Física é estática, mas e não é (...) é bom estudar Epistemologia.</i></p> <p>ALUNO 7: <i>Acho que sim. Vejo que a minha cabeça cresceu. A gente tem o costume de apresentar a Física como “é isso que está correto e o mundo é exatamente assim”. Mas os epistemólogos me mostraram que a ciência não é tão absoluta. (...) é preciso mostrar a Física como algo que ainda está sendo construída, que não é algo fechado (...).</i></p> <p>ALUNO 12: <i>Como eu já estava no final do curso de Bacharelado eu já tinha uma idéia pré-concebida, de avanço da ciência. É interessante ver como outras pessoas já imaginaram isso. Isso sempre dá uma visão diferente das coisas.</i></p> <p>ALUNO 13: <i>Sem dúvida. Primeiro a questão de construir os mapas conceituais ajuda muito a organizar as idéias de cada epistemólogo (...) em relação ao conhecimento. Acho que epistemologia é fundamental.</i></p> <p>ALUNO 14: <i>(...).Torna a gente mais reflexivo e mais crítico a partir do momento que ela nos dá informações a respeito de como ensinar o aluno, mostrar que o conhecimento que ele tinha não funciona mais, que ele precisa acreditar no paradigma do professor de Física se quiser aprender Física.</i></p> <p>ALUNO 16: <i>Acho que é! Acho que se o aluno tiver essa visão também, vai ser bem mais interessante. Acho que o aluno vai ter uma visão diferente da ciência. Eu só fui descobrir isso agora...O quão mais interessante fica a ciência feita deste jeito. Acho que a pessoa deve conhecer isso e transmitir isso para o aluno. (...). (...) dá para aproveitar o assunto e dar uma pincelada. Acho que dá.</i></p> <p>ALUNO 17: <i>Não sei dizer exatamente como contribuiu. (...) vejo que alguma coisa está mudando, meu jeito de dar aulas, mas não consigo identificar o quê. Tive outra visão porque eu achava que muitas coisas eram empiristas (...). (...) para mim já não é mais como dizem os livros. Primeiro a gente tem que ter a idéia.</i></p>

		<p>ALUNO 18: (...) <i>é muito válida essa discussão, porque ela dá uma visão do que é a ciência. Caso o professor queira mostrar a seus alunos "o que é ciência", ele terá uma fundamentação, ele vai poder fugir daquela idéia empirista, que é a análise dos resultados, que é assim que se faz ciência. Não, não é bem assim. A ciência também pode ser vista como uma empresa racional ou como algo mais emotivo (...).</i></p> <p>ALUNO 19: <i>Sim, com certeza. Por exemplo, quando se fala em modelos atômicos a gente começa deste Dalton e vai até o modelo atual, isso é uma prova de que ciência vai evoluindo. Vão mudando os conceitos de acordo com a tecnologia que se tem. (...).</i></p> <p>ALUNO 20: <i>Olha, pode ser que na vida aconteça exatamente assim como está ali, mas tudo o que a gente leu reproduz boa parte do processo do conhecimento. Por exemplo, a questão da quebra do paradigma (...) está fortemente relacionado com a evolução da ciência.</i></p> <p>ALUNO 23: (...) <i>pessoalmente, sem dúvida clareou muito a minha idéia. Eu não tinha na minha cabeça a idéia do que é empirismo-indutivismo, o que é ciência e não-ciência. (...). Eu não cheguei a aplicar uma linha epistemológica e não sei se eu ainda estou em condições de aplicar alguma (pausa).</i></p>
2	Auxilia na compreensão das relações entre o processo de construção da ciência e da aprendizagem.	<p>ALUNO 3: <i>Claro, valeu porque todo o conhecimento sempre é bom. (...). Ver como as pessoas enxergam que o conhecimento se desenvolve, saber as diversas teorias. Nesse sentido acho que vai ajudar o professor a entender melhor as próprias aulas.</i></p> <p>ALUNO 9: <i>Achei excelente, só tem a questão do fator tempo. Talvez uma crítica ou sugestão seria fazer um link com as teorias de Educação, ver aonde Piaget ou Vygostky e outros pensavam como epistemólogos. (...).</i></p> <p>ALUNO 10: <i>Achei bom, achei interessante. Foi bom até para se colocar no papel de qual o método de ensino tu desenvolveste, tu aprendeste. Foi bom para diagnosticar o método que teus professores transmitiam, o método de raciocínio das pessoas. (...).</i></p> <p>ALUNO 15: <i>Eu acredito que sim. Acho que o aluno evolui no seu conhecimento científico da mesma maneira que a humanidade evoluiu, de forma orientada. O que se ensina é mais ou menos a mesma maneira como se faz ciência (...). É impossível que o aluno sem base saia descobrindo coisas. (...).</i></p> <p>ALUNO 21: <i>Mais ou menos. Enquanto professor que está ensinando não, mas enquanto pensando, como um todo, é importante (...) ajuda a compreender como a coisa vai se passando na cabeça do aluno, no processo avaliativo. (...) agora cada tópico que eu vou começar procuro dar uma introdução histórica (...) eu pesquiso como surgiu a idéia e passo para os alunos uma noção disso. (...).</i></p>
3	Acha importante mas, não define precisamente a sua contribuição.	<p>ALUNO 11: <i>Acho que sim (pausa).</i></p> <p>ALUNO 4: <i>Sim essas discussões são importantes, mas nunca vai dar para seguir uma ou outra, sempre vão estar misturadas todas aquelas teorias.</i></p> <p>ALUNO 22: <i>Eu confesso que a Epistemologia não é a parte que mais me atrai, claro que é importante. A parte histórica foi pouca, quem fez o trabalho foi lá eu, pesquisou e apresentou o seminário aprendeu direito, mas também não dá para perder a epistemologia...</i></p>

A maioria dos estudantes afirmou que considera a disciplina importante para sua formação como futuros professores de Física. Apenas três estudantes, cujas respostas foram classificadas na categoria 3, não identificaram com precisão a contribuição do estudo e das discussões realizadas ao longo do semestre, mas ainda assim entenderam que valeu à pena.

Destaca-se que treze (13) alunos, representando 62% dos entrevistados, afirmaram que a contribuição mais significativa da disciplina esteve relacionada com a mudança da sua visão da natureza da ciência. Isso fez com que eles percebessem, voltaram a mencionar, que o curso de Física passa uma concepção bastante empirista-indutivista da própria Física.

A revelação dos estudantes concorda com os resultados das fases anteriores da nossa análise, que mostrou amplamente que: 1) no início da disciplina a maioria dos alunos tinha uma visão empirista-indutivista da natureza da ciência; 2) no final do semestre a maioria tinha uma visão adequada (3 alunos) ou parcialmente adequada (16 alunos) e apenas dois (02) ainda manifestavam uma visão insatisfatória.

De alguma forma os estudantes pareceram concordar com Bligh (1989) no sentido de que a visão clássica do mundo, baseada na relação causa-efeito, leva à ideologia reducionista segundo a qual o “todo” pode ser entendido através do comportamento das partes, que por sua vez obedecem ao “*determinismo do paradigma mecanicista-reducionista clássico*”. Falamos em “*visão clássica do mundo*” porque grande parte do curso de Licenciatura em Física da UFRGS está centrada nas teorias mecânica e eletromagnética clássicas. Mecânica Quântica e Mecânica Relativística são tratadas subliminarmente.

Tal concepção, segundo Bligh (1989), está sendo progressivamente “*solapada pelos dramáticos avanços do conhecimento científico*” que têm transformado nossa visão de mundo e cada vez mais nos aponta uma “*visão de sistema*” que restaura o paradigma naturalista-holístico do cosmos aonde a “*visão reducionista-mecanicista-determinista do mundo da ciência clássica tem sido banida*”.

De forma bastante sintética, a busca e a argumentação em favor dessa nova visão de ciência (e de mundo) tem sido precisamente a grande contribuição da epistemologia contemporânea.

O fato de que 62% dos estudantes perceberam corretamente a importância da nova visão representa um resultado altamente positivo da influência da disciplina de História e Epistemologia.

As respostas classificadas na categoria 2 fazem referência à contribuição, não menos importante, da disciplina no que diz respeito ao fazer do professor na sala de aula: auxilia a compreender melhor o processo de aprendizagem; “*compreender como a coisa vai se passando na cabeça do aluno*”; levar em conta as hipóteses alternativas criadas pelos alunos às explicações dos professores; “*diagnosticar o método*” dos professores e da aprendizagem em si; conscientizar que “*o aluno evolui no seu conhecimento científico da mesma maneira que a humanidade evoluiu...*”.

Orientados por algumas teorias de aprendizagem, como a Teoria dos Campos Conceituais de Gerard Vergnaud (1983), acreditamos que a aquisição de um conjunto de conceitos, relações, operações de pensamento, concepções enfim, da epistemologia contemporânea, pela diversidade de idéias e visões que apresenta, constitui um processo lento e progressivo que pode demandar muito tempo, atravessar anos até, porque visa perturbar profundamente as crenças pessoais de cada um. Concordamos que uma disciplina apenas, no reduzido espaço de tempo de um semestre, não tem o poder de alavancagem suficiente para gerar a mudança conceitual desejável, mas não nos ficou a menor dúvida de que esse estudo provocou uma desenfreada seqüência de questionamentos e reflexões àqueles que a ele tiveram acesso.

A Tabela 7.6 mostra as respostas dos alunos à questão 5 (*Sua “cabeça”, concepções e crenças sobre o fazer científico e sobre a natureza da ciência mudaram por efeito da disciplina?*).

Tabela 7.6: Respostas à questão 5.

Nº	CATEGORIA	RECORTES DAS RESPOSTAS
1	Afirma que já tinha algumas crenças adequadas, mas admite que sua visão da natureza da ciência mudou por efeito da disciplina.	<p>ALUNO 1: <i>Alguma coisa segue sendo o que eu pensava, eu já tinha feito algumas leituras por interesse pessoal mesmo. Mas a visão do início da cadeira para o momento em que eu saí mudou bastante.</i></p> <p>ALUNO 2: <i>Sim, com certeza mudou porque apesar do Professor Lang ter introduzido essa idéia de que a Física não é só o empirismo, que a gente mede com precisão e depois traça a curva (...) ainda assim eu tinha certa resistência. A mudança é gradual, é um processo.</i></p> <p>ALUNO 4: <i>A cadeira veio fortalecer mais o que eu já pensava, pois ainda estava meio bruto (...). Eu já pensava nisso, inclusive quase troquei o curso de Física por Filosofia porque Física Quântica e Astronomia são partes da Física basicamente filosóficas (...).</i></p> <p>ALUNO 7: <i>Ampliou mais a minha visão. (...). Eu já não tinha essa idéia de que tudo vem da observação. Agora eu consegui entender de onde vem o conhecimento, ampliou a minha visão.</i></p> <p>ALUNO 11: <i>Acho que sim. Mas acho que se faz ciência com um pouco de cada: observação e construção (...). O que mais ficou da disciplina é que tu precisas, antes de ir para o laboratório, ter um pouco de conhecimento. As teorias não saem do nada. Eu acho que já tinha minha opinião (...) e alguns epistemólogos confirmaram isso.</i></p> <p>ALUNO 12: <i>(...) eu acho que mudou algumas coisas. Sempre eu tento conhecer o máximo possível para saber o que dizer sobre cada assunto. Acho que com a conclusão da monografia a gente conseguiu ver uma evolução, não sei se temporal porque cada visão já apontava o que seriam erros das anteriores. (...).</i></p> <p>ALUNO 19: <i>Algumas coisas ficam na cabeça e a gente vai usando. Eu já tinha pensado nisso, que são modelos, por exemplo, o buraco negro, ninguém nunca viu um (,,). Desde que eu estudei Astronomia vi que é um modelo (...) As minhas crenças mais profundas acho que não mudaram. Acho que Deus criou as coisas e a ciência explica como Deus criou (...).</i></p> <p>ALUNO 20: <i>Eu já pensava antes nisso, que não era só no experimento que tu ias chegar, que tinha que usar a cabeça. (...) depois eu comecei a relacionar a minha experiência do dia-a-dia e passei a concordar (...). Tu tens um núcleo firme e várias teorias e a partir daí tu questionas, refutas algumas, a partir daí tu vais evoluir e se a teoria não responde as tuas perguntas tu elaboras uma melhor.</i></p>
2	Afirma que a visão da Física (do mundo) mudou profundamente por efeito da disciplina.	<p>ALUNO 6: <i>Muito. A própria maneira de encarar a Física mudou. O que eu lia, agora procuro outras coisas, uma nova direção. A questão dos questionamentos, quando casou a Física e a Filosofia eu achei que foi o momento mais bonito do curso.</i></p> <p>ALUNO 10: <i>Com certeza mudou consideravelmente. Tu consegues avaliar se tu estás fazendo ciência, como se produz ciência (pausa)...Faz muita diferença.</i></p> <p>ALUNO 13: <i>A disciplina ajudou a organizar as idéias. Hoje me surpreende quando leio um livro de Física mais antigo (...) porque mesmo antes de Kuhn e os outros, a Epistemologia já estava no contexto da Física.</i></p>

		<p>ALUNO 15: <i>Com certeza. Eu nunca tinha me dado conta de que por esses conceitos a Matemática cai fora das Ciências Exatas. Isso mudou bastante, porque quando se fala em ciências exatas todo mundo pensa na Matemática. (...). Na verdade eu não consigo dizer qual a diferença de antes e depois (...). À medida que fui vendo a teoria, eu fui elaborando, percebendo o que eu acho que é a ciência.</i></p> <p>ALUNO 23: (...). <i>Sim mudou. Antes eu tinha dúvidas sobre o que vinha antes: a teoria ou os dados. Hoje acredito muito na teoria e depois na experimentação, mas essa opinião ficou fundamentada, organizada mesmo foi depois da disciplina.</i></p>
3	Afirma que a disciplina trouxe questionamentos e reflexões.	<p>ALUNO 9: <i>A disciplina colocou “uma pulga atrás da minha orelha”. Hoje me sinto muito cru e não sei dizer se pesquisador e cientista é a mesma coisa. Eu acreditava que era, mas hoje reluto.</i></p> <p>ALUNO 18: <i>Foi um choque, a questão do Popper do empirismo/indutivismo foi uma idéia muito marcante, porque nós fazemos isso nos nossos laboratórios (...). Construímos um gráfico, avaliamos o erro e está comprovado, aquilo é uma verdade. Então essa idéia faz a gente se questionar (...). (...). Eu já entendi que a ciência é uma construção e com certeza vou transmitir isso agora.</i></p> <p>ALUNO 22: <i>Eu confesso que a forma como os filósofos se questionavam, acho que poucas vezes eu teria parado para pensar como eles chegaram às conclusões. Por que? Como se desenvolveu isso na cabeça deles? Acho que talvez parar para pensar nisso (...) até então não teria me chamado à atenção. Mas acho que é importante (...).</i></p>
4	Influenciou a busca de novo instrumental didático/nova forma de ver o aluno.	<p>ALUNO 21: (...). <i>me fez repensar uma série de coisas. Acho que nada impede de um professor behaviorista dar uma boa aula (...). Despertou-me para buscar recursos ou instrumental para dar uma motivação a mais nas minhas aulas, melhorar as aulas, acho que tem que fazer problemas, mas tem que destacar bastante a parte conceitual da Física, também na avaliação. (...).</i></p> <p>ALUNO 17: <i>Acho que mudou, mas não consigo identificar exatamente o que mudou. (...). No meu caso, como eu já estava dando aula acabou mudando muito minha visão de encarar o aluno.</i></p>
5	Adquiriu consciência de que tinha uma concepção empirista-indutivista e afirma que sua visão mudou por efeito da disciplina.	<p>ALUNO 3: <i>Eu tinha na cabeça a lógica indutivista mesmo, eu nunca tinha parado para pensar que quando alguém vai para o laboratório já pensou em alguma coisa. (...). Nós fomos treinados assim (...). É claro que pode acontecer alguma descoberta inesperada (...) mas isso é um caso atípico. Acredito que no geral se faz ciência com a cabeça.</i></p> <p>ALUNO 14: <i>Mudou em função de que agora eu estou sabendo os nomes daquilo que eu já fazia. Agora sei que vou para o laboratório baseado em alguma coisa pré-conhecida, que existem coisas imutáveis – os núcleos duros ou algo assim. (...). O agrupamento das minhas idéias ficou mais sensato.</i></p> <p>ALUNO 16: <i>Muito! Mudou bastante! Para mim foi uma surpresa. Mudou mais nesse fato não é, que o cientista era aquele cara que ia pro laboratório fazer uma coisa até descobrir. O que eu acreditava era isso. Mudou bastante, hoje vejo que o camarada pode ser mais ousado. (...).</i></p>

Oito (08) estudantes afirmaram que já possuíam crenças alinhadas com as visões epistemológicas contemporâneas, por iniciativa pessoal, fruto de conversas ou através de contato com as novas idéias, mas mesmo assim admitiram que suas visões da natureza da ciência sofreram mudanças por efeito das discussões e apresentações ao longo da disciplina (categoria 1).

Com relação à categoria 1, destaca-se que etapas anteriores da nossa análise mostraram que alguns estudantes, por exemplo, ALUNO 2 e ALUNO 4, já possuíam, de fato, uma visão bastante adequada à visão epistemológica contemporânea. Entretanto, outros estudantes deram evidências de permanecer, até o final da disciplina, com crenças inadequadas (ALUNO 11) e parcialmente adequadas (os demais). Nestes casos, os depoimentos pessoais discordaram dos nossos resultados anteriores de análise.

Se por um lado isso pode parecer revelar fragilidades da análise qualitativa, uma vez que é preciso interpretar os significados das ações da perspectiva dos atores sociais envolvidos, e esta tarefa não é fácil, pressupõe “*ver além da aparência*”, buscar “*o essencial do fenômeno*” (Viggiani Bicudo e Cunha Espósito, 1997, p. 18) que certamente envolve alguma dose de subjetividade por parte do pesquisador. Por outro lado, é possível supor que o comportamento dos alunos seja afetado pelo contexto social do cenário educativo. O que se busca na etnografia educativa é a descrição do contexto aonde “*os resultados de ditos processos são examinados dentro do fenômeno global; raramente se consideram de forma isolada*” (Goetz e LeCompte, 1988, p. 41). O que estamos sugerindo é que no âmbito social, assim como nas ciências da natureza, a visão global, macroscópica, é muitas vezes bastante diferente da visão pontual, isolada. Essas diferenças podem estar se revelando aqui.

Outro aspecto que entendemos deva ser considerado é que as entrevistas foram realizadas alguns meses após o final da disciplina. Como é de se esperar, as respostas dos estudantes exigiram que eles revivessem, momentaneamente, os cenários e as experiências de sala de aula. Lembrar é uma reconstrução das experiências vividas na experiência de quem reconstrói. Inevitavelmente, a

experiência que os alunos tinham no momento da entrevista era diferente, provavelmente mais rica, do que a experiência inicial, o que pode ter gerado ilusões, involuntárias, da visão que eles próprios tinham no início da disciplina. Por esta lógica, as concepções captadas durante a observação participante seriam mais genuínas do que aquelas reveladas pelos próprios atores após o término da disciplina.

De qualquer forma, isso não coloca em cheque os achados mais gerais da nossa análise, mas ao contrário, os depoimentos pessoais parecem revelar realidades pontuais que não apareceram na análise de conjunto e que estão em sintonia com os objetivos da disciplina no sentido de tornar a visão da ciência mais abrangente e os futuros professores mais reflexivos.

As demais categorias levantadas nas respostas à questão 5 apontaram todas para influências muito positivas da disciplina de História e Epistemologia da Física como: mudanças profundas das concepções da natureza da ciência (5 estudantes), a conscientização de que possuíam visões empiristas-indutivistas (3 estudantes), o surgimento de questionamentos e reflexões (3 estudantes) e o despertar para a necessidade de melhorar as práticas docentes (2 estudantes).

A Tabela 7.7 mostra as respostas dos alunos à questão 6 (*Como você define ciência hoje?*).

Tabela 7.7: Respostas à questão 6.

Nº	CATEGORIA	RESPOSTAS
1	É uma tentativa de entender e descrever a realidade através de modelos a partir do que já se sabe.	<p>ALUNO 2: <i>(pausa) Eu não sei se conseguiria definir ciência (...). Mas eu penso que a gente pode pesquisar, inovar, adquirir conhecimento sem seguir aquela idéia do “método científico” (...). (...) nossos modelos são construídos e o que se faz no laboratório é verificar se esses modelos se encaixam com a realidade. (...).</i></p> <p>ALUNO 3: <i>(...) não tem como discutir é que ninguém vai para o laboratório sem pensar em nada. É uma eterna busca de modelagens daquilo que enxergamos, do que é real (...). Acho que a ciência tenta entender o que acontece e descrever como acontece.</i></p> <p>ALUNO 18: <i>Acho que a ciência é uma construção do homem. (...). Só o homem tem o espírito inquieto de tentar compreender o que se passa a sua volta (...). Constrói um modelo e se esse modelo é verdadeiro tem que descrever o mesmo que você observar. (...).</i></p>

2	Ciência é uma modelagem para descrever a natureza e utiliza diferentes métodos.	<p>ALUNO 13: (...). <i>Acho que a construção da ciência não é por acaso, acho que é racional, tem que ser utilizando os recursos mentais que o homem dispõe. Acho que o indutivismo continua presente, mesmo que inconscientemente (...).</i></p> <p>ALUNO 15: <i>Para mim ciência é modelagem. A ciência não é busca dos “porquês”, é totalmente humana (...). A ciência está mais para a descrição do que para a explicação. Quanto à questão de inventar e depois testar, acho que não é bem assim. (...). Tem teorias que vêm do experimento (...) acho que não existe um caminho único.</i></p>
3	Ciência é uma atividade cooperativa que busca desvendar e compreender a natureza criando modelos.	<p>ALUNO 1: <i>A Ciência seria ter um projeto de pesquisa aceito pelas outras pessoas. A troca permanente na comunidade científica tem que acontecer. Acho que tem que ter um embasamento teórico. (...) sem nenhum embasamento teórico, não resulta em nada.</i></p> <p>ALUNO 6: (pausa) <i>Complicado. Muito complicado porque a gente começa a ver as várias faces da ciência: os grupos de pesquisa, a questão econômica... Acho que a ciência é isso, é uma consequência dessa busca desesperada do homem de querer saber de onde viemos? Porque (...)? (...) a gente observa, fica fascinado e cria modelos (...).</i></p>
4	Ciência é uma tentativa de entender e explicar a natureza construindo, descobrindo e testando teorias.	<p>ALUNO 7: (pausa) <i>Para mim é a busca do homem para entender o universo em geral (...) assim começaram a nascer as teorias, primeiro do intelecto. O homem constrói as teorias na cabeça e depois confronta experimentalmente. (...) a pessoa já tem na cabeça o que vai observar.</i></p> <p>ALUNO 10: <i>Continua muito presente em mim que ciência seria entender como funcionam as teorias, como reagem em certas situações, sob certas circunstâncias (pausa), pesquisar e entender como funcionam certos sistemas, associar as leis, seus limites.</i></p> <p>ALUNO 17: <i>Para fazer Física tem que ter curiosidade em tudo e buscar a verdade. (...). Parte sempre da curiosidade para depois pensar, fazer teorias e depois testar. Acho que isso é o natural.</i></p> <p>ALUNO 22: (pausa) <i>Penso que ciência é aquela atividade em que a gente está sempre questionando alguma coisa, sempre tentando entender tudo o que está à volta. Procura explicar o que acontece? Porque? Como?</i></p> <p>ALUNO 23: <i>Bom (pausa) ciência é tudo o que tem uma teoria feita inicialmente e que possa passar por um teste observacional ou experimental. (...) algo indefinido, as idéias estão vigentes até o momento, mas nunca estagnando, sempre buscando avançar (...).</i></p>
5	É uma atividade criativa e imaginativa a respeito da realidade.	<p>ALUNO 4: <i>Na minha concepção bem particular acho que ciência é o mundo da imaginação. Basicamente isso, o mundo da imaginação. (...). Eu nunca acreditei que o conhecimento vem da observação.</i></p> <p>ALUNO 12: (...)<i> eu já conheço vários laboratórios e a gente vê que a menor parte da Física é planejada toda direitinho. Sempre acontece alguma coisa que estraga teus planos, então eu acho que essa idéia de método científico rigoroso, eu já não acreditava mais nisso.</i></p> <p>ALUNO 16: (...)<i> exatamente como se faz ciência eu não sei definir, mas o que eu sei é que a gente pode viajar um pouco, entende? Não precisa ficar tolhido dentro do laboratório (...). Acho que agente pode trazer idéias da gente. Isso foi uma grata surpresa, nós podemos colocar nosso componente, nossa imaginação, nossa criatividade (...).</i></p>

		ALUNO 19: <i>Acho que a ciência é algo que desmistifica as coisas. (...). É tu explicar alguma coisa que parece inexplicável. Tem que ter coisas concretas, tu tens que olhar para alguma coisa e pensar “eu quero ver como funciona isso”. (...) aí vais imaginar alguma coisa para querer explicar. (...) tens que desenvolver uma teoria para explicar. (...).</i>
6	É uma atividade experimental (empírica ou computacional) que se distingue da não-ciência.	ALUNO 9: <i>Fazer ciência é a capacidade de fazer atividade experimental, seja no modelo computacional ou laboratorial (...). Contemplar, interpretar e descrever fenômenos da natureza (...). A observação e experimentação estão na base da ciência, se a gente tem modelos e não consegue testar então não estamos fazendo ciência.</i> ALUNO 11: <i>Acho que se diferencia ciência da não-ciência mais no sentido de poder provar alguma coisa. Acho que isso está relacionado com a observação e experimento. (...). Sempre vai ter algum tipo de experimento (...).</i>
7	Ciência é uma atividade conjectural que busca coerência.	ALUNO 21: <i>(pausa) Eu não sei responder o que é ciência. (...) teoria, experimentação, análise. O cientista inventa teorias, executa um trabalho muito árduo até construir alguma coisa. (...) o normal é construir e buscar uma coerência.</i>
8	É uma forma de construção de conhecimento.	ALUNO 14: <i>Eu definiria ciência como algo que constrói conhecimento, não que faça hipóteses infundadas (...). Acho que para fazer pesquisa funciona desse jeito: a gente tem que formular alguma hipótese antes de experimentar. (...). Quem quer ver alguma coisa é que vai enxergar (...).</i>
9	É uma tentativa de explicar a natureza através de algum método a partir do que já se sabe.	ALUNO 20: <i>Definir ciência é para mim uma coisa complicada. (...) é a busca de explicações dos fenômenos, aprimorando-os. Para isso se constrói teorias. (...) elabora um método, como proceder (...). Mas quando escolho as técnicas já sei o que posso esperar, aí está toda a questão...Vai para o laboratório com a coisa alinhavada.</i>

Ao propormos esta questão pretendíamos avaliar se os estudantes apresentavam respostas que se aproximassem do entendimento, à luz da epistemologia contemporânea, do que seja ciência. Concordamos com o fato de que não existe “*uma visão sobre a natureza da ciência única ou um consenso a respeito de alguma imagem ‘correta’ da atividade científica*” (Cleminson, 1990; El-Hani, Tavares e Rocha, 2004). Porém, entendemos que entre os principais epistemólogos do século XX existe razoável concordância em muitos aspectos (uma base epistemológica comum), como salientado no referencial epistemológico deste estudo, ao que nós chamamos de “*visão epistemológica contemporânea*”, e que se apresenta muito mais adequada do que a visão empirista-indutivista (já superada).

Nosso pressuposto fundamental é de que visões superadas, da Física e da própria ciência, acabam gerando práticas docentes inadequadas. Ou seja, se o

professor de Física tem uma concepção inadequada da natureza da ciência, dificilmente conseguirá passar para seus alunos uma visão diferente da sua própria visão, ou então, acabará assumindo que *“mais importante do que aprender significados corretos de alguns conceitos científicos é aprender as etapas do método científico”* sem se dar conta de que este é um *“erro didático e epistemológico”* (Moreira e Ostermann, 1993).

Assim, nosso objetivo foi mensurar se os estudantes conseguiram se libertar da visão empirista-indutivista de que o conhecimento em Física é produzido seguindo rigorosamente “o método científico”, a partir da observação e experimentação, descobrindo leis e teorias fixas, imutáveis e verdades absolutas.

Analisando a multiplicidade de categorias levantadas observa-se que a maioria das respostas, exceção feita à categoria 6, rejeitam o empirismo-indutivismo, a linearidade, o determinismo-reducionista, e levam em conta a variedade de métodos, o papel da criatividade e imaginação, os aspectos conjecturais, hipotéticos, contextuais, cooperativos da ciência e vêem a construção do conhecimento científico como uma modelagem da natureza que leva em conta pressupostos teóricos pré-existentes.

Nesse sentido, a única categoria que poderíamos considerar insatisfatória é a categoria 6. Apenas o ALUNO 9 e ALUNO 11 mostraram-se ainda presos à visão experimentalista do empirismo-indutivismo. Com relação ao ALUNO 11 reafirma-se os resultados de etapas anteriores de que ele não fez a necessária mudança conceitual. Relativamente ao ALUNO 9, a observação participativa mostrou que ele tinha uma visão inadequada no início e passou a uma visão parcialmente adequada no final, com relação a alguns aspectos. O processo de mudança conceitual é lento, envolve oscilações, idas e vindas e é razoável que ele se mostre em alguns momentos preso à visão inicial.

Aproximadamente 90% dos entrevistados (19 estudantes) definiram ciência de forma bastante alinhada à visão epistemológica contemporânea, o que representa uma mudança bastante significativa, uma vez que eles tinham no início do semestre,

como já referido, uma visão empirista-indutivista da natureza da ciência. Este resultado não deixou dúvidas sobre a real contribuição da disciplina para a melhoria das visões.

A Tabela 7.8 mostra as respostas dos alunos à questão 7 (*Você acha que o erro está presente na ciência? Assim como na vida cotidiana?*).

Tabela 7.8: Respostas à questão 7.

Nº	CATEGORIA	RESPOSTAS
1	O erro está presente não como negação, mas sim como questionamento.	ALUNO 16: <i>Acho que sim. Acho que a história mostra isso. Acho que a gente tem que estar sempre questionando, até porque a gente está sempre descobrindo coisas novas (...).</i>
		ALUNO 17: <i>Acho que na vida a gente aprende com os erros, mas eu nunca tinha parado para pensar na questão do erro na ciência. Eu costumo pensar “será que é só isso?”, eu não chamo a isso de negação.</i>
		ALUNO 18: <i>Porque estaríamos certos sempre? (...). Será que nossos modelos e concepções não foram criados encima de outros erros? (...) pode ser que daqui a muitos anos a gente comece a ver erros nos nossos modelos atuais.</i>
		ALUNO 23: <i>Acho que sim, a gente está exposto a falhas, tanto na teoria quanto na experimentação. Acho que buscamos a melhor explicação, o melhor modelo que pode ser aceito naquela situação, naquele momento.</i>
2	O erro está presente porque as teorias podem ser retificadas.	ALUNO 4: <i>É o que mais está presente. Nenhuma teoria pronta é totalmente perfeita, ela tem que ser ajustada.</i>
		ALUNO 10: <i>É difícil, contestar uma teoria e buscar o erro dela, é uma tarefa difícil. (...). É necessário que haja grupos isolados e aptos para poder reproduzir e se obtiver os mesmo resultados, pode até retificar, mas vai haver um consenso (...).</i>
		ALUNO 19: <i>Acho que o erro está presente. Muitas vezes a gente só aprende errando. (...). A gente tem uma idéia e testa. Deu errado. Então não é assim. Vou procurar de outra forma e assim vai indo (...).</i>
		ALUNO 22: <i>(...) tem coisas que são criadas, mas depois a gente vê que não está bem certo e de repente se descobre algo semelhante. Digamos que uma adaptação de uma teoria anterior seja uma descoberta, não sei.</i>
3	O erro está presente e tem o papel de fazer a ciência avançar.	ALUNO 1: <i>(pausa) Acho que tem o erro sim, no sentido de entrar num projeto que nunca dá certo e depois ter que recuar e tomar outro rumo.</i>
		ALUNO 2: <i>Bom eu acho que o erro está presente na construção da ciência. (...). (...) se a teoria começa a não apresentar erros você vai achar que ela está perfeita. A gente sabe que uma teoria perfeita filosoficamente não pode existir, porém ela começa a ganhar uma confiança muito grande e o pessoal começa a se acomodar.</i>
		ALUNO 3: <i>Dizem que errar é humano e se a ciência é uma atividade humana vai ter o erro. (...). Descobrir que estamos errados não significa tempo perdido porque descobrimos que aquele não é o melhor caminho.</i>
		ALUNO 6: <i>Acho que o erro está implícito não só na Física, mas em tudo. Mas na Física sim está implícito.</i>

		ALUNO 7: <i>O erro está sempre presente, nunca dá para dizer que se chegou à verdade absoluta. (...). O erro sempre vai fazer parte: imprecisões, dúvidas, a questão do Maturana das emoções (...) então eu entendo que faça parte porque se não fosse assim um dia a Física estaria morta, mas ela é algo que sempre está sendo construído.</i>
		ALUNO 12: <i>Eu acho que sim. Cada vez mais agora, porque está cada vez mais caro fazer ciência. Então existem muitos grupos espalhados pelo mundo fazendo a mesma coisa. Se um diz uma coisa, o outro tenta provar que ele está errado para que este segundo grupo consiga mais fundos para continuar a ciência. (...) Acho que o erro estaria nisso, de cada vez tentar superar o grupo rival (...).</i>
		ALUNO 20: <i>Eu acho que sim. Porque se tu acreditas cegamente no que tu fizeste, tu vais chegar num ponto e parar, não vais avançar.</i>
		ALUNO 21: <i>O erro está presente na ciência, no ensino e na aprendizagem também. Quando a gente descobre que cometeu um erro a gente pode corrigir e melhorar. Quanto à ciência sem dúvida, caso contrário ela já teria parado.</i>
4	O erro está presente e pode ser contro-lado confrontando com o que já se sabe.	ALUNO 14: <i>Acho que o erro é inerente ao ser humano. (...). Acho que aprender fazendo alguma coisa e errando é inerente à ciência. Mas na ciência existem maneiras de verificar esse erro que é justamente recorrendo ao conhecimento anterior. (...).</i>
5	O erro está presente, mas associado à experimentação e precisão.	ALUNO 11: <i>Sim, acho que o erro está presente porque tu não tens como provar que uma coisa está certa, mas tu vais mostrando que ela não está errada.</i>
		ALUNO 13: <i>Sim. Tantas teorias foram desenvolvidas e estudadas durante muito tempo com uma base totalmente inconsistente, errada. (pausa).</i>
		ALUNO 15: <i>Ah, com certeza. Acho que o erro na ciência está mais na questão das aproximações. Mas acho que é um erro controlado, não é um erro desenfreado. Mesmo para medidas simples quanto a distância, não dá para usar uma régua, não temos um instrumento perfeito.</i>
6	Resposta vaga parece não aceitar o erro.	ALUNO 9: <i>Acho que o objetivo da ciência é desvendar, derrubar tabus. O cientista pode induzir, mas não falsear uma teoria.</i>

Todo estudante de Física sabe que o erro está presente nas atividades empíricas e precisa ser minimizado em nome da acuidade e precisão. Um experimento cientificamente válido envolve observações meticulosas e controladas, o que pode conferir confiabilidade aos dados experimentais. Todavia, esta não é a única forma de fazer ciência. Existem métodos cientificamente válidos e que não são experimentais (a Física teórica, as questões de simetria e coerência matemática, o método comparativo, etc.).

Nosso objetivo aqui era preparar a pergunta seguinte e tentar avaliar até que ponto os estudantes haviam se libertado da idéia do “método positivista” e do empirismo-indutivismo, aceitando que a ciência é uma construção humana aonde

imaginação e criatividade também são ingredientes importantes e, por conseqüência, erros são previsíveis e até necessários, pois com eles podemos corrigir nossas hipóteses, melhorar nosso pensamento.

Nessa óptica, foram consideradas insatisfatórias respostas que levaram em conta somente o primeiro aspecto (erro experimental), ou que se mostraram vagas ou ambíguas.

Obtivemos que dezessete estudantes, 80%, apresentaram respostas satisfatórias (categorias 1 a 4), entendendo o erro na ciência como um fator de questionamento, necessário ao avanço das idéias, associado à necessidade de retificação das teorias e controlado pelo conhecimento anterior. De alguma forma isso atribui à ciência o “status” de uma construção humana retirando-lhe a “divindade” da revelação das leis e teorias.

Apenas quatro estudantes associaram o erro a questões estritamente experimentais e de precisão de medidas ou não admitiram a falsificação de teorias.

A Tabela 7.9 mostra as respostas dos alunos à questão 8 (*Leis e teorias podem mudar?*).

Tabela 7.9: Respostas à questão 8.

Nº	CATEGORIA	RESPOSTAS
1	Mudam porque a ciência não é cumulativa e definitiva.	<p>ALUNO 1: <i>Quando eu recuo e digo “não quero mais esta teoria”, então mudo e faço outra teoria e a partir disso faço novos experimentos para tentar falsear a minha teoria. Mas pode acontecer que a nova teoria não dê conta e eu tenha que me apoiar na anterior. (...) as teorias mudam.</i></p> <p>ALUNO 2: <i>Uma lei está baseada na teoria, mas ela pode chegar a um ponto em que esteja errada. Por exemplo, as três Leis de Newton da Mecânica Clássica diante da Mecânica Quântica não correspondem. (...) as leis não são estanques. (...).</i></p> <p>ALUNO 4: <i>Acho que até que se apresente uma teoria melhor elas não estão mudando, mas elas não são exatamente o que se apresenta na natureza, só uma aproximação. Elas vão sendo abandonadas quando surge uma teoria mais forte.</i></p> <p>ALUNO 7: <i>Acho que sim. Por exemplo, a questão de chegar ao “zero absoluto”, nunca se pode dizer que se chegou. (...) Física sempre está sendo construída.</i></p> <p>ALUNO 10: <i>Acho que elas são ajustadas. Elas não se alteram por completo, mas elas sofrem metamorfoses mínimas. Em certas situações, a partir de tal marco tu podes determinar: esta lei é válida para determinadas situações (...). Se pudéssemos chegar na verdade exata esses ajustes não existiriam.</i></p>

		<p>ALUNO 11: <i>Acho que elas vão evoluindo por influência dos novos conhecimentos. O professor precisa passar a idéia que a Física é uma ciência em evolução, em construção.</i></p> <p>ALUNO 15: <i>Podem mudar. Acho que mudam, mas não totalmente. Se a gente pudesse começar tudo novamente em alguns campos, provavelmente alguns dos problemas seriam resolvidos, mas apareceriam outros, porque a ciência não tem fim. (...).</i></p> <p>ALUNO 16: <i>Acho que podem né? Se realmente está acontecendo isso não sei...Mas acho que podem mudar. Eu lembro de uma coisa que ficou marcante em mim...Foi a provisoriidade da ciência. A princípio tudo é provisório. (...).</i></p> <p>ALUNO 17: <i>Mudam. A gente viu ao longo da disciplina que tudo passa por transformações e as verdades que a gente tem hoje podem não ser amanhã.</i></p> <p>ALUNO 18: <i>Sim, elas vão se modificando ou podem ser até substituídas. (...).Somos intérpretes da natureza, tentamos modular a natureza e extrapolar seus limites, tirar vantagens dos fenômenos. (...).</i></p> <p>ALUNO 19: <i>(...) Meu pai também é professor e a gente conversa (...). A gente sempre conversou que as leis vão mudando, que é uma forma de explicar, mas podem aparecer outras (...).</i></p> <p>ALUNO 22: <i>Podem mudar. Provavelmente nada seja, ou muita coisa que a gente pensa como sendo uma verdade absoluta, não é. Provavelmente uma teoria possa ser derrubada um dia, ou talvez não. (...) a gente não tem essa certeza.</i></p> <p>ALUNO 23: <i>Mudam. A ciência evolui assim, mudando os conceitos e a modelagem de acordo com a situação que se está trabalhando. (...) talvez tivesse que mudar um pouco a teoria para dar conta do fato novo...</i></p>
2	Mudam orientadas pelos resultados experimentais e tecnológicos.	<p>ALUNO 3: <i>Primeiro tem que pensar em alguma coisa, aí tem que ir para o laboratório para testar. Pode-se ir para o laboratório para testar como a cadeira fica de pé e se descubra algo diferente. (...) se lá eu descubro uma anomalia isso é outra coisa.</i></p> <p>ALUNO 12: <i>(...) De tempos em tempos surgem novas idéias que revolucionam mesmo sabe? (...) além das revoluções científicas devem ser incluídas as revoluções tecnológicas. (...).</i></p> <p>ALUNO 14: <i>(...). Mas para coisas absolutamente novas a gente tem que simplesmente ir testando para ver o que vai acontecer e aí tentar fazer explicações baseadas naquilo que a gente julga como correto. Se nada funciona temos que mudar nossas concepções.</i></p>
3	Mudam acompanhando a mudanças sociais e a evolução humana.	<p>ALUNO 6: <i>Na minha opinião é até uma questão de vaidade (...). Ela é uma criação. Tu observas e tentas reproduzir, como ser humano, com tuas limitações e o que tu consegues reproduzir, que dá um resultado positivo é a tua teoria. (...).</i></p> <p>ALUNO 21: <i>Vão. Isso foi uma coisa que me marcou demais, até o comportamento social muda de época em época. As teorias também evoluem, podem ser válidas para uma época e podem deixar de ser tão apreciadas pela própria evolução da ciência ou do pensamento humano.</i></p> <p>ALUNO 13: <i>Sim. É um processo de renovação, não dá para parar. (...). Para o professor o importante é construir o conhecimento junto com os alunos, fazendo a troca, aceitando até as brincadeiras...</i></p>

4	Não mudam, pois derivam da experimentação.	<p>ALUNO 9: (...) fui moldado na linha de que a teorização vem depois da prática. Eu particularmente tenho essa opinião, defendo essa bandeira fortemente. Muitas vezes só fui acreditar no que aprendi na sala de aula depois de ver no laboratório (...). Agora relatividade foi difícil para mim, primeiro foi teorizada e só depois de muito tempo comprovada.</p> <p>ALUNO 20: Pois é...(pausa)...Aí quando a gente fala que as leis e teorias mudam...Lá em Newton não mudaram. Podem ter sido melhoradas. (...) teorias muito “fortes” sobrevivem.</p>
---	---	---

Admitir que as leis e as teorias são mutáveis, para estudantes de Física, se constitui muitas vezes em algo não trivial, pois como afirma o ALUNO 9 “*aqui dentro do Instituto de Física eu fui moldado na linha de que a teorização vem depois da prática. Eu, particularmente, tenho essa opinião, defendo essa bandeira fortemente. Muitas vezes só fui acreditar no que aprendi na sala de aula depois de ver no laboratório (...)*”.

Decorre que, se acreditarmos que as leis e teorias são derivadas da experiência e da observação, então são verdadeiras e válidas para todas as situações idênticas e para todos os homens, independentemente do local e da cultura aonde vivem.

De fato, as concepções sobre a construção do conhecimento científico constituem, às vezes, esquemas conceituais fortemente integrados e coerentes, embora inadequados. São resultantes de um processo de ensino e aprendizagem também inadequados, de longo prazo e, portanto, de difícil superação. Não seria de esperar que esta mudança conceitual ocorresse em um único semestre.

De qualquer forma, os resultados obtidos certamente vão além das expectativas, pois durante nossa observação participativa tivemos inúmeras oportunidades de verificar como as crenças dos estudantes, no início da disciplina, eram empiristas e experimentalistas. Citamos, por exemplo, a descrição de uma discussão extraclasse que antecedeu uma das primeiras aulas da disciplina aonde “*o foco das falas dos estudantes havia girado, de forma implícita, em torno da observação. Afinal, aonde colocar a observação, antes ou depois da teoria? Abrir mão de uma crença tão segura, de que toda a Física havia sido construída sobre*

sólidas bases exatamente porque estava assentada na observação dos fatos e, de repente, colocar a teoria antes da observação implicaria ter de admitir as teorias como sendo construções da mente humana. Mas isso seria algo tão inusitado que pareceria colocar abaixo, momentaneamente, toda a Física". (extraído da descrição do “cotidiano da sala de aula de uma disciplina de História e Epistemologia da Física”, capítulo 5).

Essa visão aparentemente foi superada pela maioria uma vez que 16 estudantes, representando 76% dos entrevistados, admitiram que as leis e teorias podem mudar porque a ciência não é definitiva (13 estudantes), tende a acompanhar as mudanças sociais e a própria evolução do pensamento humano (3 estudantes).

Três outros alunos apresentaram respostas que admitem mudanças, mas atreladas aos resultados experimentais e tecnológicos. Consideramos estas respostas parcialmente adequadas, pois apesar de admitirem modificações, mostraram-se bastante presas à visão experimentalista da ciência. Apenas dois estudantes pareceram resistir à idéia de que as leis e teorias que a ciência produz não são verdades absolutas.

A Tabela 7.10 mostra as respostas dos alunos à questão 9 (*Qual o papel da observação/experimentação científica?*).

Tabela 7.10: Respostas à questão 9.

Nº	CATEGORIA	RESPOSTAS
1	É importante e integra o processo de produção do conhecimento.	ALUNO 2: <i>Ela é parte do processo, ela faz parte da Física e da Ciência. Ela tem que existir porque se a gente não observar como o mundo se comporta como pode fazer Ciência?</i>
		ALUNO 11: (...) <i>Mas a observação é importante, não dá para abrir mão dela para se fazer ciência. Acho que ela está presente na ciência.</i>
		ALUNO 14: <i>Eu acho que no início tudo começou com a observação, depois de adquirir algum conhecimento fez projeções do que aconteceria baseado no que já sabia.</i>
		ALUNO 19: (...) <i>Tu tens que observar porque se tu nunca observares nada não tem o que explicar.</i>
2	É importante e tem a função de testar as teorias.	ALUNO 3: (...) <i>Mesmo a Física mais teórica como em Einstein de alguma forma tem que ser possível de testar e está sendo testada. (...).</i>
		ALUNO 6: <i>Sempre a teoria passa por um momento de testagem.</i>

		<p>ALUNO 10: No caso de um fenômeno novo, o cientista observa e primeiro pensa sozinho, avalia, faz um milhão de hipóteses. Quanto ele tiver uma teoria que seja válida para ele, (...) parte para análise experimental. Na análise experimental ele vai corrigindo a teoria. (...).</p> <p>ALUNO 17: Acho que é fundamental, mas na sala de aula é difícil de fazer experimentação para não cair no simplório. Mas o caminho para fazer ciência é pensando e depois testando.</p> <p>ALUNO 18: De alguma forma a natureza é o juiz de validação. Inicialmente, acho que a ciência começou com a observação e uma interpretação interna.</p> <p>ALUNO 21: É importante, claro que algumas teorias, por exemplo, da Astronomia, não tem como experimentar. Porém aquelas que têm possibilidade de experimentação são testadas, (...). Eu penso que o cientista constrói as teorias e depois vai testar...</p>
3	São instrumentos sujeitos à criação humana.	<p>ALUNO 4: São ferramentas, não produzem conhecimento por si só. O conhecimento está na tua cabeça.</p> <p>ALUNO 7: Sempre tem teoria, é intrínseco, a pessoa já tem na cabeça o que vai observar.</p> <p>ALUNO 13: É importante...(pausa)...Saber manusear instrumentos é importante e o curso de Física não prepara para isso. Mas para construir a ciência o laboratório não é absolutamente necessário, (...). Só com o raciocínio e a inteligência dá para desenvolver...</p> <p>ALUNO 15: (...) Por exemplo, a Relatividade: não dá para dizer que Einstein inventou a Relatividade. Tinha uma grande quantidade de coisas acontecendo ao seu redor e daí ele extraiu a Relatividade e só depois foi observado/evidenciado.</p>
4	É importante e distingue ciência da não-ciência	<p>ALUNO 23: Acho que se diferencia ciência da não-ciência pela maneira como se faz a Física, pela argumentação teórica, grau de abrangência de uma teoria, também não dá para dispensar a experimentação/observação.</p>
5	É uma atividade complementar, atrelada às intenções humanas.	<p>ALUNO 1: (...) além da parte racional de conseguir desenvolver as teorias tem outras coisas que influenciam: o sentimento de querer mostrar que se consegue, (...), querer ser o primeiro a fazer tal coisa. Às vezes isso até é mais forte do que a descoberta por descoberta.</p> <p>ALUNO 16: (...). Assim como a imaginação é importante, a observação também é, a observação e a experimentação. (...) tem muita coisa que não tem como testar. Falar assim que tem que ir para o laboratório e testar...Não sei...Pode muitas vezes ficar no plano da imaginação (...).</p> <p>ALUNO 20: (...). Mas hoje em dia, por exemplo, na pesquisa de ponta não é só observando que tu vais resolver o problema.</p>
6	Constitui a origem do conhecimento.	<p>ALUNO 9: Eu acredito que o cientista é motivado por fatores vários (...). Mas eu acho que mais forte é primeiro a contemplação, o fenômeno experimental e depois a descrição.</p>
7	Não respondeu ou apresentou resposta vaga.	<p>ALUNO 12: Não respondeu esta questão.</p> <p>ALUNO 22: Eu não sei, não me perguntei isso. (...). Mas de uma maneira geral o começo do curso de Física é empirista-indutivista (...).</p>

Norris (1985) defende a noção de que “a observação desempenha um papel fundamental na pesquisa científica”. Por vezes, a observação envolve atividades

simples e interpretações pouco sofisticadas enquanto em outras, trata-se de uma atividade complexa e figura entre os empreendimentos mais desafiantes dos seres humanos.

Entende, entretanto, que no ensino de ciências a noção de observação que prevalece é inadequada, favorece uma imagem distorcida da observação científica e desenvolve nos estudantes das séries iniciais habilidades observacionais descontextualizadas diante do importante papel que ela assume na ciência.

Em geral, a visão da observação no ensino de ciências é governada por três assunções, segundo Norris (1985): 1) é feita uma acentuada distinção entre observação e inferências (teorias); 2) observação é associada à percepção dos sentidos humanos; 3) é tomada como sendo um processo mental simples.

Essas assunções constituem cada uma, um erro, porque a distinção entre observação e inferência é contextual, muda como muda o conhecimento científico. Além disso, a observação, muitas vezes, exige meses de preparação e constitui um processo mental complexo e elaborado, e normalmente circunscrita por intenções humanas ao invés de percepções. Sugere “*que observação científica é inerentemente heurística, ou seja, concebida como uma forma e guia para a descoberta científica*” (Norris, 1985).

Pensada desta forma, a observação é uma função do estágio atual do conhecimento científico, podendo mudar com as mudanças do próprio conhecimento.

Esse enfoque, com o qual concordamos, é mais consistente com o objetivo que nos norteia, o de ensinar aos estudantes uma visão adequada da natureza da ciência, além de eticamente mais defensável do que um enfoque que distorce a pesquisa científica.

Obtivemos que 90% das respostas à questão 9 concordam com a visão anteriormente discutida. As categorias de 1 a 5 englobam as respostas de 19 estudantes que podem ser consideradas satisfatórias e alinhadas à visão

contemporânea da natureza da ciência, o que, mais uma vez, mostra uma influência altamente positiva da disciplina de História e Epistemologia da Física.

A maioria dos estudantes atribuiu à observação e experimentação um papel importante no processo de construção do conhecimento científico, mas conseguiu se desvincular da visão ingênua de que a ciência começa com a observação de fatos nus, inferindo, a partir dela, as leis e teorias pelo emprego da lógica indutiva. Também não caíram no outro extremo conferindo à observação um papel menos relevante, associada a atividades contemplativas e mentais simples, restrita à percepção dos sentidos humanos e desvinculada da teoria.

Procuramos através de perguntas abertas deixar o estudante falar livremente sobre os vários aspectos da natureza da ciência para tentar entender como suas crenças haviam sido abaladas. Analisamos aqui apenas alguns desses aspectos que consideramos mais relevantes buscando cumprir nosso objetivo, ou seja, mostrar que a disciplina de História e Epistemologia da Física teve uma efetiva contribuição na evolução e melhora da visão da natureza da ciência daquele grupo de estudantes.

A fase das entrevistas foi extremamente gratificante porque, com raras exceções, coroou de êxito um trabalho de meses aonde muito esforço foi desenvolvido no sentido de fazer com que os futuros professores refletissem criticamente as suas próprias crenças, e mais do que isso, repensassem as bases em que iriam passar a seus alunos a noção do processo que conduz ao conhecimento científico e de todas as variáveis metodológicas, ontológicas e filosóficas envolvidas.

Mesmo decorrido um tempo razoável após o final da disciplina foi possível constatar que muitos aspectos fundamentais da epistemologia estavam presentes e bastante integrados à estrutura cognitiva da maioria dos estudantes. Não estamos com isso afirmando que os diferentes aspectos e idéias epistemológicas estavam íntegros e instantaneamente disponíveis nas mentes dos estudantes.

Ao contrário, quando solicitados a explicitar algum conceito ou citar a visão mais marcante para eles respondiam com dificuldade, não lembravam com clareza “*quem disse o que*”, associavam conceitos e idéias a autores trocados ou

simplesmente não conseguiam responder alegando não lembrar. Nesse ponto, somos forçados a reconhecer que muitos não haviam lido os textos ou fizeram uma leitura superficial. Salienta-se que a metodologia utilizada na disciplina incluía uma explicação introdutória do professor e em seguida era entregue um texto especialmente preparado sobre aquele epistemólogo do qual era solicitado que fizessem a leitura para que, na aula seguinte, se realizassem discussões e a tarefa (construção de mapa conceitual). Os mapas eram apresentados e também discutidos em aula subsequente.

Nossa percepção indica que o que mais ficou presente nos estudantes foram os aprendizados resultantes dos debates e discussões das idéias e suas implicações para o ensino e aprendizagem feitas em sala de aula.

A retenção estava centrada nas bases epistemológicas: noções de que não se produz Física seguindo rigorosamente o “*método científico positivista*”, de que as teorias científicas são construções dos cientistas e orientam a observação e experimentação, que as hipóteses são testadas e modificadas ao longo do tempo, que os conceitos e as disciplinas científicas vão evoluindo com a evolução da cultura e do próprio pensamento humano e por fim, que a ciência em si, não é uma verdade última, mas procura explicar o mundo através de aproximações e modelos.

Não temos dúvidas de que estes achados são, de fato, os mais importantes no que concerne ao objetivo da disciplina em si mesmo. Mas destacamos, mais uma vez, a importância do debate, das discussões e da interação de sala de aula, sem os quais estamos convencidos de que não teria havido um avanço das visões epistemológicas dos estudantes. “*Tudo o que é individual produz menos resultados*” nas palavras do ALUNO 13.

A Tabela 7.11 mostra as respostas dos alunos à questão 10 (*Em que momento do curso a cadeira deveria ser oferecida (início meio, fim) o que você acha? Por quê?*).

Tabela 7.11: Respostas à questão 10.

Nº	CATEGORIA	RESPOSTAS
1	Início do curso para gerar questionamentos e induzir mudanças.	<p>ALUNO 3: <i>Acho que de preferência nos primeiros três semestres porque esta disciplina não exige nenhum pré-requisito, tudo é novo. Acho que nos primeiros anos ela provocaria conflitos com as Físicas Gerais, com a forma como são dadas aquelas disciplinas, mas isso talvez fosse um começo de mudança. (...).</i></p> <p>ALUNO 4: <i>Eu acho que deveria ser no início porque provocaria a reflexão e poderia mudar a visão daquilo que os professores dos primeiros semestres fazem. (...). Se esta disciplina fosse nos primeiros semestres entraria em choque com as Físicas básicas. A idéia é o choque (...) e os alunos podem gerar mudanças nos professores (...).</i></p> <p>ALUNO 11: <i>Eu acho que ela poderia ter sido dada antes. Do início para o meio do curso porque eu acho que ela dá uma visão diferente das coisas. (...). Acho que a visão que todo o curso de Física passa é empirista/indutivista, principalmente as Físicas Gerais. (...).</i></p> <p>ALUNO 13: <i>Acho que deveria ser no primeiro ano, não deveria ficar para o final do curso. Oportunizaria durante toda formação universitária ficar observando o comportamento dos professores e dos próprios alunos quando apresentam seminários e assim escolher melhor a linha a seguir.</i></p> <p>ALUNO 22: <i>(...). Talvez não nos dois primeiros semestres porque tem a questão do amadurecimento. O primeiro semestre é muito pesado, o ritmo de estudos é completamente diferente, a gente não está acostumado, a gente não tem maturidade. Mas eu tiraria a cadeira do final e passaria mais para o início.</i></p>
2	Meio do curso para dar tempo de assimilar e melhor aproveitar a maturidade.	<p>ALUNO 2: <i>Meio do curso. No início do curso o pessoal não levaria a sério e não aproveitaria. Minha sugestão é que seja no sexto semestre a Epistemologia e no sétimo a História da Física porque no final do curso o pessoal já tem uma cabeça muito formal e para mudar suas concepções fica mais difícil.</i></p> <p>ALUNO 9: <i>Eu tinha muitos preconceitos e achava que não tinha. Esta disciplina vem para romper. Então eu acho que ela deveria ser diluída a partir do meio do curso, mas não no início por causa da falta de maturidade. (...).</i></p> <p>Aluno 10: <i>(...). Mas acho que a disciplina ficaria melhor pelo meio do curso de Física. (...). Acho que após Física IV, por exemplo, porque quem passou por aí provavelmente vai continuar no curso. Então lá pelo meio do curso tu tens a chance de estudar e possivelmente aplicar, depois vem as cadeiras de Licenciatura e tu usas mais Epistemologia do que as iniciais.</i></p> <p>ALUNO 14: <i>Acho que no início o aluno não tem maturidade (...). Acho que no meio do curso seria bem melhor. (...), como Física é rejeitada pela maioria acho que a gente tinha que ter uma melhor preparação de como cativar o aluno a gostar de Física.</i></p> <p>ALUNO 15: <i>Como é uma disciplina que não tem pré-requisitos acho que poderia ser no meio do curso. Aí, todos iriam iniciar a dar aulas sabendo o que é ciência. (...).</i></p>

		<p>ALUNO 16: <i>Eu acho que no meio, ou mais no início, não sei, aí teria que ver a questão do interesse, que conta no início do curso. (...). (...)</i> acho que passando a Física básica... <i>Que vai dar lá pelo meio do curso. (...).</i></p> <p>ALUNO 17: (...) <i>para a gente começar a dar aulas com outra visão e não aquela visão empirista-indutivista. Acho que a partir do meio do curso até o fim, vir acompanhando.</i></p> <p>ALUNO 21: <i>Poderia ter sido antes.</i></p> <p>ALUNO 23: <i>É um pouco complicado no início do curso... A cabeça está mudando (...), o licenciando não tem tanta maturidade... Talvez lá pelo sexto semestre... Mas eu acho que está bom assim.</i></p>
3	Final do curso para não gerar desinteresse nos cursos introdutórios.	<p>ALUNO 1: <i>Acho que no final do curso é o momento ideal. (...). (...), pode ser que no início do curso não fosse bom abrir o jogo, que as experiências não revelam as leis e teorias da Física, porque talvez o pessoal não se interessasse tanto. Na verdade a gente faz aproximações.</i></p> <p>ALUNO 12: (...) <i>Então acho que deixar para o final do curso. (...). Se fosse no início do curso acho que poderia limitar o pensamento, eu acho que essa cadeira tem que ser para lapidar, dar os últimos retoques. Até seria interessante alguma cadeira de História da Física no início do curso (...).</i></p>
4	Final do curso por questões de maturidade e melhor aproveitamento.	<p>ALUNO 6: (...) <i>não teríamos maturidade e nem embasamento físico (...). No meu caso acho que a disciplina veio no momento certo. Acho que ela tem que ficar mais para o final do curso. (...) precisa ficar onde está porque a gente precisa ter todo aquele contato com o empirismo para depois poder olhar para trás e dizer “realmente!”.</i></p> <p>ALUNO 7: (...) <i>Para mim foi bom no sétimo semestre (...). Além da pessoa já ter visto um panorama geral da Física, teve tempo de ter suas próprias idéias. Como é uma disciplina totalmente diferente, que vai para o lado da filosofia, que faz pensar (...) acho que com mais maturidade fica mais fácil.</i></p> <p>ALUNO 18: <i>Eu acho que ela não poderia ser no início (do curso) porque não teria maturidade suficiente. (...). Se o aluno souber da importância que teve a teoria que o cientista construiu vai ser mais fácil assimilar a História da Física. Então, pela maturidade e pelos pré-requisitos que a pessoa tem que ter é melhor no final do curso.</i></p> <p>ALUNO 19: <i>Acho Epistemologia deve estar no final do curso, até pelo tipo de exemplos que o professor usa: modelo padrão, mecânica quântica, etc. que a gente só estuda no final no curso. (...) parte da História acho que poderia ser antes, até para motivar os alunos.</i></p> <p>ALUNO 20: <i>Acho que no final do curso, pelo menos para mim, foi ideal. Foi o momento em que eu parei, a cadeira me fez pensar em tudo o que eu tinha feito, minha evolução dentro do curso, me fez pensar (...).</i></p>

Obtivemos que sete (7) estudantes responderam que a disciplina deveria continuar como está, ou seja, sendo oferecida no sétimo semestre do curso de graduação, movidos principalmente pela questão da maturidade. Entenderam que em momentos anteriores não teriam tido maturidade para o questionamento crítico e o nível de aproveitamento teria sido bastante reduzido.

Nove estudantes, entretanto, responderam que a disciplina deveria ser antecipada para o meio do curso. Mostraram-se igualmente preocupados com a maturidade, mas os principais argumentos para a modificação sugerida seguiram a linha de que “*teria mais tempo para assimilar*” as novas visões da natureza da ciência e tentar aplicá-las em disciplinas como as de estágio e prática didática.

Cinco estudantes responderam que deveria ser oferecida no início do curso. Ainda que estes tenham admitido a pouca maturidade dos iniciantes, mais forte, entretanto, foi a percepção de que o curso de Física passa uma visão superada, empirista-indutivista da natureza da ciência. O ALUNO 3 ao dizer que “*nos primeiros anos ela provocaria conflitos com as Físicas Gerais, com a forma como são dadas aquelas disciplinas, mas isso talvez fosse um começo de mudança*”, expressa bem o sentimento de inconformidade com a visão que é passada ao longo do curso de Física e a expectativa de mudanças.

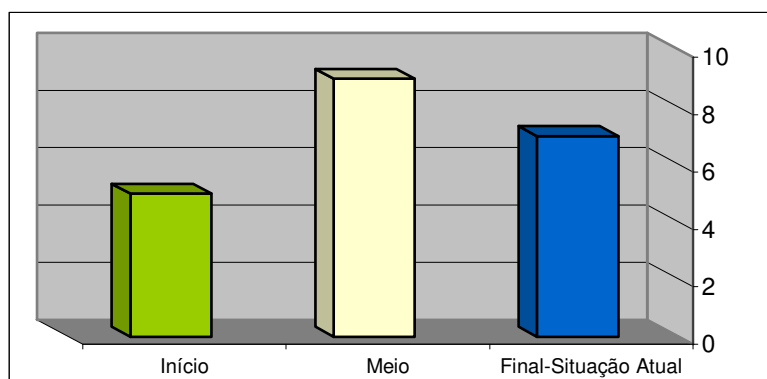


Gráfico 7.1 – Frequência de respostas dos estudantes com respeito ao momento em que a disciplina História e Epistemologia da Física deveria ser oferecida no curso de Física.

O Gráfico 7.1 mostra com maior visibilidade as sugestões dos estudantes quanto ao momento que entendem ideal para cursar a disciplina em estudo.

Permitimo-nos aqui algumas reflexões: 1) considerando que 14 estudantes, representando um percentual de 66%, sugeriram que a disciplina deveria ser antecipada (meio ou início do curso); 2) levando em conta que no último ano (sétimo e oitavo semestres) os estudantes, de fato, envolvem-se em estágio supervisionado e atividades didáticas de unidades de conteúdo para o Ensino Médio e/ou Fundamental, além do que, muitos já começam a exercer profissionalmente a

docência; 3) considerando os inúmeros argumentos citados para a mudança, dos quais destacamos apenas alguns na Tabela 7.11, mas que incluem outros como “faz pensar”, “faz refletir a forma de dar aula”. Entendemos que seria oportuno antecipar a disciplina de História e Epistemologia da Física para o sexto semestre do curso de Física, na esperança de que a nova visão da natureza da ciência possa contribuir para uma reflexão mais profunda da postura a ser adotada em sala de aula nas disciplinas seguintes e assim tentar evitar que adotem práticas inadequadas.

Por outro lado, pode-se assumir que o grande número de respostas favoráveis à antecipação da disciplina é um indício irrefutável da importância que os próprios estudantes atribuíram ao estudo, às discussões e à oportunidade de contato com as visões contemporâneas da natureza da ciência, que divergem, em muito, daquelas passadas pelas disciplinas de Física básica, ao longo do curso.

Acrescentamos que em questão complementar perguntamos: “você indicaria esta disciplina a outras áreas ou cursos?”. Obtivemos que dezoito estudantes (85%) responderam que indicariam a disciplina de História e Epistemologia da Física para os estudantes do Bacharelado em Física e também para outros cursos, como Biologia e Química.

Destacamos abaixo alguns dos motivos pelos quais os estudantes de Licenciatura afirmam que indicariam, ou já indicaram, a disciplina a seus colegas do Bacharelado:

“Acho que para os Bacharéis seria interessante porque eles é que vão fazer ciência. (...) eles não tem uma base (epistemológica) de como se faz ciência, talvez pensem como eu pensava (...)”. (ALUNO 3).

“(...) O pessoal do Bacharelado, pelo menos os que eu conheço não têm uma visão clara do que é ciência, até porque eles foram treinados dessa forma, salvo um ou outro que consegue abstrair...”. (ALUNO 4).

“Acho interessante, por exemplo, o pessoal de Licenciatura em Biologia, tem o problema do Darwinismo (...). Acho que os cursos de graduação deveriam ter essa

disciplina. Acho que o pessoal do Bacharelado em Física até precisa mais do que a gente, eles ficam tão presos na modelagem, números e fórmulas (...)“ (ALUNO 6).

“Acho que sim. Justamente para mostrar para o pessoal do Bacharelado que o que estão fazendo é uma parte, mas tem muito mais coisa. (...) poderiam entender melhor o que estão fazendo e talvez tivessem mais facilidade na divulgação da Física que se faz hoje, porque o que está em alta é a Biologia, a Genética (...)” (ALUNO 7).

“Sim. (...). Acho que o pessoal que faz pesquisa em laboratório utiliza o indutivismo completamente. Eles acreditam no método científico e não aceitam discutir”. (ALUNO 10).

“Acho que assim, como a gente teve uma surpresa, eu tive uma surpresa, acho que eles também poderiam ter essa surpresa. Muda a maneira de entender o que a gente lê sobre a ciência, sobre como se faz ciência (...)” (ALUNO 16).

“Com certeza recomendaria para os Bacharéis em Física porque um dia eles vão se tornar professores e como eles só conhecem a matemática é crítico vê-los dando aula...” (ALUNO 19).

“Acho que seria interessante. Mas aí entramos num campo complicado, porque não basta os alunos quererem, é preciso ter a aprovação de quem há anos vem dando o mesmo tipo de aulas, o mesmo tipo de problemas e de repente uma disciplina assim vai fazer o aluno mudar as idéias, questionar. (...). Mas quando os alunos descobrirem que a cadeira é legal, todo mundo acaba fazendo” (ALUNO 20).

Entendemos que os recortes mostrados aqui são auto-explicativos com relação ao nível de raciocínio crítico que a disciplina favoreceu e deixam claro que os estudantes entrevistados parecem acreditar que não apenas o ensino de Física se torna mais eficaz, mas também os próprios cientistas tornam-se mais conscientes ao realizarem suas atividades numa abordagem contextualizada histórica e filosoficamente.

Certamente não estamos nos referindo aqui ao conhecimento de conteúdo e das técnicas empregadas na ciência, mas sim sobre como os cientistas desenvolvem e usam o conhecimento científico, como eles tomam decisões sobre o que vão

investigar, como decidem acreditar nas descobertas publicadas nos jornais e revistas científicas, como coletam e interpretam dados, enfim sobre a natureza da ciência.

Relativamente a vários desses aspectos, mas não a todos e não de forma unânime para todo o grupo de estudantes, é que houve uma tomada de consciência das próprias visões que eles haviam retido em suas mentes buscando torná-las mais alinhadas às visões epistemológicas contemporâneas.

A Tabela 7.12 mostra as respostas dos alunos à questão 11 (você acha que o professor de Física tem responsabilidade social?).

Tabela 7.12: Respostas à questão 11.

Nº	CATEGORIA	RESPOSTAS
1	Sim. A responsabilidade dos professores é maior à medida que o Estado e instituições não assumem suas próprias.	ALUNO 1: <i>Todos têm responsabilidade social. Não só os professores de Física, não só os professores. É claro que eles estão mais expostos. O Estado não está muito preocupado se a qualidade do ensino é boa, a maior preocupação é manter o aluno na sala de aula, se estão em aula não estão assaltando ou se drogando. Não importa se a aula é boa, se os alunos estão aprendendo. A visão do Estado é aproximada com os objetivos da origem da escola, manter os alunos na sala de aula e discipliná-los.</i>
		ALUNO 18: <i>Eu acho que não precisa ser professor de Física, todos têm responsabilidade social. A escola cada vez mais está assumindo o papel do Estado e da própria família, do amparo, da disciplina dos filhos e aí a educação está se tornando algo que me assusta. Eu não sou apenas professor de Física, tenho que dar o conteúdo e tenho que educar, passar valores que estão se perdendo. O jovem precisar ser cobrado, antes a sociedade e a família faziam isso mesmo que os métodos fossem ortodoxos, mas isso está se perdendo, esse é um problema muito delicado que não deveria ficar a cargo só dos educadores. Acho que dá para fazer, com a Física e Matemática, o aluno raciocinar, ser crítico, abstrair.</i>
		ALUNO 19: <i>Acho sim. Os alunos hoje têm muito mais liberdade, mas não têm limites. Se os pais não dão limites cabe a nós fazermos isso. Ainda que não seja o papel do professor fazer isso, alguém tem que fazer para conseguir dar aula. Além disso, a Física desperta a crítica. Os alunos precisam pensar porque tal coisa acontece, se eles não pensarem eles não aprendem. O professor tem que despertar o lado crítico...</i>
2	Sim. O Professor de Física deve conseguir passar uma visão epistemológica-mente correta.	ALUNO 2: <i>Acho que sim. Acho que qualquer professor tem responsabilidade social. Mas isso vai depender muito de onde ele vai trabalhar e dos recursos que vai ter. (...). Mas eu concordo que se o professor tem uma boa formação, tem todas estas discussões, ele pode chamar atenção dos alunos sobre a natureza da ciência, os modelos, para não ficarem com a idéia de que “o elétron é uma bolinha que gira”, por exemplo. Acho que dá pára mexer com a cabeça dos alunos...</i>

3	<p>Sim. O professor de Física deve ser um exemplo para seus alunos, desenvolver o raciocínio crítico, preparar para a vida, estimular a ética.</p>	<p>ALUNO 3: (pausa).<i>Tem. Ele está lidando com pessoas, está educando, está gerando o pensamento do aluno. A Física não é apenas o conteúdo, mas é ajudar a pensar, a raciocinar, a discernir o que é bom e ruim. Isso é para a vida. É preciso saber usar o que a gente aprende para resolver situações novas, que nunca apareceram antes e a Física tem muito a ensinar nesse sentido. O Professor de Física é um modelo a ser seguido e por isso tem responsabilidade para com as crianças. O jeito de o professor agir acaba sendo um pouco o jeito dos alunos agirem, o professor é um líder.</i></p> <p>ALUNO 4: <i>Sim, todo professor tem responsabilidade social. O professor de Física vai dar o conteúdo da disciplina, mas tem também que tratar de outros problemas como: higiene, comportamento, etc. Mas o que a gente vê no Ensino Médio é que os professores são preparados para dar aula de Física, as próprias dificuldades do curso de Física criam dificuldades psicológicas que certamente ele vai passar para os alunos. (...).</i></p> <p>ALUNO 7: <i>Sim. (...). Acho que o professor não tem toda a responsabilidade, mas faz parte porque ele está lidando com pessoas. Ao mesmo tempo em que ele tem que apresentar a Física, incentivar os alunos a estudar, ele tem que cuidar do aluno como pessoa. Tem o lado da formação de cidadãos, não queremos mais marginais, queremos formar cidadãos, pessoas melhores. (...) a escola, no que ela puder, tem que dar um auxílio nessa área. A Física envolve questões abrangentes, do macroscópico ao microscópico, é um facilitador para a pessoa se questionar.</i></p> <p>ALUNO 10: <i>Sim. Acho que é uma das coisas que a pesquisa não vai responder, mas ela direciona. Ela tem uma responsabilidade social, uma responsabilidade em relação ao desenvolvimento humano, intelectual. Nesse ponto acho que o professor de Física tem a responsabilidade de completar o desenvolvimento intelectual do indivíduo, a capacidade de pensar e raciocinar. A Física no ensino médio é uma das disciplinas mais abstratas (...). Ele tem que estimular, fazer o sujeito pensar, investigar cada linha de raciocínio. O professor de Física, na minha opinião, tem um papel na sociedade muito fundamental nesse ponto.</i></p> <p>ALUNO 11: <i>Acho que sim. (...). Acho que a Física oferece um caminho para se ter uma visão mais crítica. Professores que só se preocupam com cálculos e fazer contas acabam não dando uma visão assim. (...). Acho que a Física não é só decorar fórmulas, é muito mais do que isso, ela é mais geral, é quase uma filosofia. Nas novas tecnologias (televisão, celular, computador) têm muito de Física e o professor pode aproveitar esses ganchos e tornar a Física mais atrativa. Acho que muito da aversão que as pessoas têm em relação à Física tem a ver com os professores de Física.</i></p> <p>ALUNO 14: <i>Acho que qualquer professor tem responsabilidade social porque a partir do momento em que você entra na sala de aula está interferindo no futuro daquelas pessoas. Tem muitos alunos que tomam o professor como guia, amigo, modelo. O professor exerce sobre os jovens uma influência fantástica, intelectualmente, profissionalmente. (...) Além disso, acho em termos de ciência os professores exercem enorme influência para despertar a curiosidade dos alunos.</i></p>
---	---	--

		<p>ALUNO 15: <i>Tem sim. A grande responsabilidade da ciência é gerar um senso crítico. Se as pessoas ouvissem mais a ciência seriam menos enganadas, talvez não houvesse tanto fanatismo religioso. As pessoas não usam o senso crítico nem mesmo para compreender fenômenos naturais simples como as estações do ano e aí acabam se deixando enrolar por golpes. Muitas pessoas têm medo de aprender, não querem ouvir falar em Física, em geral porque ficaram traumatizadas com a Física do Segundo Grau, mas acho que a grande responsabilidade do professor é gerar senso crítico, preparar para a vida, não aceitar qualquer resposta e frente ao erro, admitir o erro.</i></p> <p>ALUNO 17: <i>Acho que todo professor tem responsabilidade social. O aluno acaba se refletindo no professor, acho que tudo o que o professor fala na sala de aula é importante. Não é preciso aprender Física para ser físico, mas para raciocinar, para conversar de igual para igual, para ser crítico, para poder viver no mundo.</i></p> <p>ALUNO 22: <i>Acho que tem porque aquele típico questionamento de que aluno do ensino médio não precisa saber disso ou aquilo, as coisas não são assim. Assim como para ser um cidadão precisa saber ler, precisa ter uma postura crítica e isso passa por ter conhecimento de muita coisa, tem que tentar entender o que está acontecendo do outro lado do mundo, tem que ter conhecimento de Geografia, História, etc. e depois tirar suas conclusões. A Física não é muito diferente, tudo, em tudo tem Física...</i></p> <p>ALUNO 23: <i>Tem sim. O professor em geral tem. Até pode ser uma falta de consideração com os colegas, mas muitos aqui da Física não têm consciência social, não têm contato com a vida lá fora, não têm noção do que seja ter que trabalhar para se sustentar. Isso tudo traz uma experiência de vida que tem que ser passada na sala de aula e também incentiva a responsabilidade. Não pode ficar só na aula de Física, tem que ensinar o aluno a ser crítico, tem que ser abrangente ao falar do tema social.</i></p>
4	Sim. O professor de Física deve trabalhar a criatividade, a busca de desafios.	<p>ALUNO 6: <i>Tem. Antigamente talvez não, mas agora sim. No sentido de que o professor de Física tem elementos para trabalhar bastante a questão da criatividade, incentiva a busca pelo conhecimento, logo esse cidadão pode criar o hábito de buscar a informação...O professor de Física não pode chegar com tudo pronto, tem que fazer o aluno procurar, porque vai ter momentos na vida que a gente vai se deparar com situações que a gente não conhece e vai ter que pesquisar.</i></p>
5	Sim. O professor de Física deve estar comprometido com a divulgação e alfabetização científica e com a	<p>ALUNO 9: <i>Com certeza, alfabetização científica, entender fenômenos da ciência aumenta a compreensão do que acontece todo o dia, torna o ser humano mais crítico. Coisas simples como a tendência de cair quando o ônibus arranca...Acho que a alfabetização científica é um papel do educador, do professor de Física. A casa da gente é um enorme laboratório acho que entender como funcionam os equipamentos eletrônicos deveria impressionar as pessoas. O “como funciona” é nosso problema (...).</i></p>

	<p>construção de uma nova sociedade.</p>	<p>ALUNO 12: <i>Eu acho que um país só avança se o povo tem educação. Então, Física para 99% da população é um monstro, mas usam-se microondas, geladeira, etc. que utilizam princípios físicos. Mas ninguém sabe como funcionam. Isso é uma das coisas que eu acho que tem que ser trabalhada: a divulgação científica. Porque essas coisas todas se compram de fora do país, são tecnologias do exterior, quando se poderia fazer simplesmente aqui no país. Só que não se faz isso porque tem pouca gente instruída para fazer isso. Isso só vai melhorar se aumentar o número de Físicos, Engenheiros, Biólogos, etc. falando de ciência. (...). O analfabetismo científico é grande. Quem tem que mudar isso somos nós. (...).</i></p> <p>ALUNO 13: <i>Sem dúvida. Só o fato de motivar seus alunos a pensar em Física, se ele consegue isso está desempenhando uma função social muito importante. O professor pode construir um aluno ou destruir seu futuro se ele o desmotivar. Daí o aluno desiste e não será um multiplicador. O professor vai formar pessoas, para uma nova sociedade que poderá pensar diferente. Por isso o papel do professor é muito importante.</i></p> <p>ALUNO 16: <i>Acho que qualquer professor tem. Todo mundo acha que Física é chata, mas se a gente vai ver é porque sempre ensinam Física daquele jeito chato de dar aula. Acho que se for contextualizar fica bem mais interessante. Hoje tem muito a questão dos acidentes de trânsito...Já pensei em quando estiver dando aula de mecânica aproveitar para falar da questão do trânsito (...) seria interessante fazer um trabalho nesse sentido, a questão das colisões. Acho que dá para ensinar Física e contribuir para formar um cidadão melhor.</i></p>
6	<p>Sim. Tanto o professor quanto o pesquisador devem estar comprometidos com divulgação científica e com o questionamento crítico.</p>	<p>ALUNO 20: <i>Deveria ter. No sentido de levar o conhecimento, de forma a levar o aluno a questionar. A Física faz pensar. Mas aí entramos num terreno um pouco complicado...Não é bem assim para dar aula. (...). Talvez o professor precise mudar a forma de expor a Física, ao invés de dar puramente uma aplicação de fórmulas, talvez seja mais interessante - como a gente está em 2004, era da tecnologia - abordar o conteúdo partindo da tecnologia, explicar o funcionamento o celular, câmera digital, etc. Acho que para o pesquisador, que acaba dando aula para o curso superior ele tem que se preocupar da mesma maneira porque o que a gente vê que acontece aqui no nosso meio é que o pesquisador vai dar aula e simplesmente dá a lista de problemas do livro. Acho que cabe ao pesquisador ter a mesma preocupação (...).</i></p>
7	<p>Sim. O professor tem responsabilidade na conscientização social e ambiental.</p>	<p>ALUNO 21: <i>Acho sim. (...). Acho que os alunos no início, no primeiro ano não estão muito interessados, mas no começo das dificuldades eles começam a despertar e acontecem certas coisas no dia-a-dia e eles chegam na sala de aula e comentam. Por exemplo, aconteceu um acidente de trânsito perto do colégio e a gente tinha estudado conservação de energia. Na aula seguinte os alunos chegaram dizendo: “viu professor aqueles motoristas não estudaram Física porque se tivessem estudado saberiam que poderiam se destruir...”. Isso me fez pensar que é preciso cuidar o que se fala e ensina. (...). Fez-me pensar na minha enorme responsabilidade social. Tem também as questões ecológicas, as pessoas estão se conscientizando de que é preciso cuidar do planeta e na maioria dos projetos a Física está presente. Enquanto Físicos e formadores de opinião temos que fazer valer nossa influência para conscientizar, fazer o aluno pensar na questão ambiental.</i></p>

Gostaríamos de deixar claro que ao propormos esta questão, bem como a discussão a respeito do tema que se segue, não tivemos a intenção de associar as visões epistemológicas superadas (empiristas-indutivistas) à irresponsabilidade social, mas tão somente trazer o assunto, pela sua relevância, à discussão.

Segundo o PNUD - Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, na Conferência Internacional Empresas e Responsabilidade Social 2005, organizado pelo Instituto Ethos, em São Paulo, de 07 a 10/06/2005, da qual participamos, a problemática socioambiental apresenta alguns dados globais que podem ser assim resumidos:

- 1) Extraímos, hoje, 20% a mais do que o nosso planeta pode repor;
- 2) A população mundial (em 2004) era de 6,3 bilhões de pessoas, da qual apenas 1,7 bilhões representa a população consumidora, enquanto 3,1 bilhões de seres humanos vivem abaixo da linha aceitável de pobreza;
- 3) Um bilhão de seres humanos não têm acesso à água potável;
- 4) 2,5 bilhões de pessoas não têm esgoto;
- 5) A população mundial dobrou nos últimos 50 anos.

Essa problemática surgiu nas últimas décadas do século XX como uma *crise de civilização* e vem colocando em questão a racionalidade econômica e tecnológica dominante, geradora de problemas que não mais podem ser ignorados: o aumento da poluição e degradação do meio ambiente, a crise de recursos naturais, energéticos e de alimentos, a exclusão e miserabilidade de quase metade da população mundial.

Essa crise, se *“por um lado, é percebida como o resultado da pressão exercida pelo crescimento da população sobre os limitados recursos do planeta. Por outro, é interpretada como o efeito da acumulação de capital e da maximização da taxa de lucro a curto prazo, que induzem a padrões tecnológicos de uso e ritmos de exploração da natureza, bem como formas de consumo, que vêm esgotando as reservas de recursos naturais, degradando a fertilidade dos solos e afetando as condições de regeneração dos ecossistemas naturais”*.(Leff, 2002. p. 59).

A crise ambiental é profundamente social porque baseada em um modelo de desenvolvimento que excluiu milhões de seres humanos dos bens de consumo e das melhorias das condições de vida propiciadas pelo avanço científico e tecnológico. A construção de uma *racionalidade produtiva alternativa* desafia-nos a repensarmos as bases econômicas, ecológicas, tecnológicas e os princípios jurídicos e sociais para a gestão democrática dos recursos naturais. Mas nos coloca também uma necessária reflexão das bases epistemológicas, capaz de repensar a articulação da ciência e da produção do conhecimento científico com novas práticas sociais orientadas para um desenvolvimento sustentável e igualitário.

A partir dos anos 90, o tema da responsabilidade social vem despertando a atenção de movimentos e entidades nacionais e internacionais. Muitas organizações não-governamentais foram criadas com o objetivo de mobilizar, sensibilizar e organizar esforços individuais, coletivos, governamentais e empresariais na construção de uma sociedade sustentável e mais justa.

No Brasil, empresas públicas e privadas, consideradas por muitos como o setor mais poderoso da sociedade, têm sido conclamadas a engajar-se mais profundamente nas práticas de Responsabilidade Social Empresarial, que viabilizem o desenvolvimento com sustentabilidade.

Diferentes atores sociais (empresários, políticos, administradores, estudiosos, acadêmicos, ONGS, etc.) têm desenvolvido esforços no sentido de articular as políticas públicas e a Responsabilidade Social Empresarial.

A responsabilidade social ganhou a mídia e tornou-se um fenômeno mundial, norteadas por ações que envolvem o relacionamento de vários públicos, a elaboração de políticas e gestão de responsabilidade socioambiental que combinem medidas governamentais e privadas com o objetivo de converter desenvolvimento econômico em desenvolvimento humano. Mas ainda é um esforço principiante.

Conceitualmente responsabilidade social está atrelada à idéia da sustentabilidade, ou, em última instância, da sobrevivência. Não pode ficar restrita aos efeitos de ações filantrópicas e assistencialistas. Vai além. Pressupõe a prática e

a difusão de valores éticos, morais e socioambientais, incluindo atividades produtivas que venham a desenvolver a comunidade do entorno das unidades industriais, que respeitem valores universais como: Direitos Humanos, Direitos Fundamentais do Trabalho, Princípios do Meio Ambiente; que reconheçam que todas as formas de vida são importantes; que repudiem a discriminação de gênero, etnia, raça, credo ou de qualquer outra espécie; que tenham o respeito ao meio ambiente como balizador das práticas administrativas e negociais.

Essa problemática envolve necessariamente os Governos, mas não apenas eles. Sem dúvida, eles desempenham um papel motor, mas nenhum Governo do mundo consegue dar conta, sozinho, das demandas sociais, o que, aliás, justifica a crescente luta pelo engajamento efetivo do setor empresarial privado.

As transformações, em princípio, dependem da vontade coletiva, da conscientização e da capacidade de organização da sociedade civil, da construção do capital social, em cuja base estão a ética e as relações de confiança.

A ética pode ser entendida como a arte de eleger o que convém à vida digna de todos. Essa luta vai muito além da produção de bens e do capital financeiro. Requer, como já mencionamos, capital humano, social, institucional, meio ambiente e saber acadêmico.

A ciência, portanto, não pode ficar alheia. A ciência não vive num vazio ideológico. Crenças alternativas, ideologias teóricas, visões de mundo estão na base da criação científica, segundo a visão epistemológica contemporânea da qual partilhamos, não apenas porque o cientista é um sujeito ideológico, mas porque as práticas e condições de produção do conhecimento científico estão estritamente vinculadas a variáveis sociais, culturais, políticas, econômicas, etc.

Entendemos que é uma ingenuidade e uma falácia, acreditar que o saber e a tecnologia que desenvolvemos, especialmente no último século, produziu melhoria das condições de vida para a humanidade como um todo. Como vimos, menos de 30% da população mundial representa a população consumidora, enquanto a maioria luta apenas pela sobrevivência. Acreditar nisso talvez seja um erro epistemológico tal

qual acreditar que se constrói Física a partir da observação nua, com mente de criança livre de pressupostos teóricos e a partir dela se induz leis e teorias verdadeiras, fixas e imutáveis.

É possível perceber, mais uma vez, que a “*visão reducionista-mecanicista-determinista do mundo da ciência clássica*” (Bligh, 1989) acabou gerando uma análise fragmentada da realidade que foi utilizada com o propósito de obter eficácia do saber científico e eficiência na produção de bens de consumo.

Exige-se, portanto, uma nova orientação do processo de construção do saber, um pensamento holístico que permita uma análise integrada do real objeto do conhecimento científico com a realidade onde seus efeitos são perceptíveis. Uma visão sobre bases de sustentabilidade ecológica e igualdade social

Esse processo de mudança embora coletivo, começa em cada um de nós. Ainda que empresas e Governos sejam agentes importantes de transformação, a grande transformação está no indivíduo.

Nesse sentido, a educação é chave estratégica. Educação passa necessariamente pelos professores, que são líderes e formadores de opinião, e, portanto, os mais autênticos agentes de transformação. Quando educamos agregamos valores, melhoramos a produtividade, despertamos a consciência crítica, formamos cidadãos participativos.

Daí a importância de formar educadores comprometidos, socialmente responsáveis e com uma visão adequada da natureza da ciência.

Entendemos que a questão 11, acima, apreendeu com bastante sutileza *como* os estudantes entrevistados tornaram-se mais reflexivos e críticos com relação à profissão que escolheram e que muitos já exercem.

Todos, unanimemente, reconheceram que o professor de Física tem, como todo o cidadão, responsabilidade social, pois ela é parte da vida em sociedade.

Os principais argumentos citados pelos estudantes em favor da responsabilidade social que deve ser exercida em sala de aula foram: a consciência de que o Estado e outras instituições sociais não cumprem satisfatoriamente as suas próprias responsabilidades, aumentado assim, a dos professores (3 estudantes); de que o professor de Física tem o compromisso de passar uma visão epistemologicamente correta da natureza da ciência (1 estudante); de que os professores são exemplos de cidadania, ética e devem favorecer o raciocínio crítico preparando para a vida (10 estudantes); de que o professor deve incentivar a criatividade e a solução de novos desafios (1 estudante); de que o professor deve estar comprometido com a diminuição dos níveis de analfabetismo científico e com a construção de uma nova sociedade (4 estudantes); de que tanto os professores quanto os pesquisadores devem fazer a divulgação científica, favorecendo o raciocínio crítico (1 estudante) e de que os professores devem desenvolver a conscientização social e ambiental (1 estudante).

Tais argumentos entendemos, são contextualizados, conceitualmente corretos e alinhados, na sua maioria, com a problemática socioambiental anteriormente levantada, além de não deixarem dúvidas da influência positiva das discussões procedidas durante a disciplina de História e Epistemologia da Física, ainda que não se possa afirmar que todas as reflexões sejam resultado direto do estudo que estamos analisando.

Williams (1983) entende que o cientista tem uma responsabilidade especial acima da responsabilidade ordinária do cidadão. Aliás, não uma, mas várias. Responsabilidade financeira, pois a sociedade custeia o seu treinamento e os equipamentos e facilidades para seu trabalho, o que o obriga a dar algum retorno; responsabilidade ética e moral: por causa do seu conhecimento e da extensão dos efeitos do seu trabalho, especialmente na introdução de novas tecnologias (o cientista tem a responsabilidade de informar os cidadãos sobre o equilíbrio do mundo, a extinção de espécies, a poluição dos rios e oceanos, etc.); responsabilidade sobre o uso da ciência na guerra, em especial a guerra nuclear, o cientista tem a responsabilidade de prevenir seu uso. Além disso, cientistas envolvidos em

desenvolvimento de armas de destruição em massa representa uma distorção da ciência.

Williams (1983) entende que a comunidade científica deve reconhecer suas responsabilidades, debater sua natureza e extensão para discutir a melhor forma de cumpri-la. Mas vai além, propõe uma categoria adicional de responsabilidade: *“a responsabilidade dos cientistas de ensinar seus objetos de tal forma que seus alunos e estudantes tenham alguma consciência de sua implicação social”*.

Essa é precisamente a noção que defendemos. Os cientistas, e especialmente os físicos, pela extensão tecnológica de suas teorias e descobertas, devem ensinar aos alunos de graduação, em especial os Licenciandos, mas não apenas estes, com vistas à *“consciência de sua implicação social”*. Estes, por sua vez, devem ser retransmissores dessa consciência ao estudante dos níveis fundamental e médio.

McClelland (1983) entende que História, Filosofia da ciência e implicações sociais das idéias científicas são convenientes para serem incluídas nos currículos escolares. Afirma que essas idéias podem permear o material apresentado pelos professores, ajudar a iluminar o papel das idéias científicas no mundo ocidental, tornar os conceitos da Física mais acessíveis ou estimular os estudantes. Mas esse tipo de iniciativa não pode ser responsabilidade apenas dos professores de Física. Entende que esta responsabilidade deve ser fixada pelos currículos de Física, deve ser compartilhada com outros professores e exercida dentro de uma ampla política escolar de tal forma que todos se tornem partidários da mesma visão. Se tal política não existe é responsabilidade de todos os professores trabalharem em busca da sua existência.

Acreditamos que essa política deve existir nas escolas, mas também nas Universidades. As Universidades, portanto, precisam assumir sua parcela de responsabilidade e adotar uma postura pró-ativa incluindo o tema em todos os cursos de graduação, sem exceção.

Especificamente com relação ao curso de Física, acreditamos que se fossem adotadas as sugestões dos estudantes, levantadas neste estudo, de se criar mais

uma disciplina (seja separando a História da Epistemologia, seja aprofundando o estudo através da criação de uma segunda disciplina, em continuação) as questões da conscientização socioambiental e das implicações sociais das idéias científicas poderiam compor seu conteúdo programático.

Capítulo 8

COMENTÁRIOS FINAIS

A delicada situação do ensino de Física em todos os níveis de escolaridade, os altos índices de analfabetismo científico, a representação social distorcida da Física e do trabalho científico são realidades publicamente reconhecidas e que dispensam maiores comentários sobre a necessidade de melhorar o ensino de Física, e de ciências, no nosso país.

Essa situação, ainda que em diferentes graus de severidade, parece ser a mesma em nível internacional. Apesar dos grandes esforços desenvolvidos nas últimas décadas a pesquisa tem mostrado que não tem sido alcançado um entendimento desejável tanto da Física, quanto da natureza da ciência.

A pesquisa relatada nesta dissertação aborda o tema da óptica da formação de professores de Física, que são, em última análise, os agentes motores das transformações que se fazem necessárias para a melhoria do ensino de Física e também para a construção da cidadania. Há um consenso na literatura de que a conversão de projetos curriculares em realidades de sala de aula requer além de novas estratégias de ensino e de novos materiais, também a inclusão de cursos adequados de História e Epistemologia das Ciências na formação dos professores. Não basta apresentar os produtos da pesquisa científica, mas deve também ser abordada a natureza e o processo de construção do conhecimento científico e seus múltiplos aspectos sociais, culturais, históricos, etc.

Esta pesquisa, através de um enfoque preferencialmente qualitativo, realizou um estudo de caso tipo etnográfico com uma turma de estudantes de Licenciatura em Física, em uma disciplina de História e Epistemologia da Física, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

A observação participativa em todas as aulas da disciplina, bem como de uma disciplina no semestre subsequente, privilegiou as relações sociais, as atitudes e ações dos atores no cenário de sala de aula, naquele espaço e tempo concretos.

Assim, não temos a intenção de generalizar os resultados, ainda que alguns indicativos gerais possam ser úteis.

Nosso objetivo foi identificar as visões dos futuros professores de Física, em final de curso de Licenciatura em Física, sobre a natureza da ciência e a influência de uma disciplina de História e Epistemologia da Física no processo de transformação dessas visões, buscando alinhá-las às visões epistemológicas contemporâneas.

Estivemos baseados no princípio de que visões epistemológicas contextualizadas são mais apropriadas e oferecem um rico repertório de estratégias de ensino aos futuros professores de Física tornando suas práticas didáticas mais adequadas, favorecendo a apresentação de uma imagem da ciência, da observação científica e do trabalho dos cientistas não distorcida e eticamente mais defensável.

Para isso procuramos anotar todos os eventos de sala de aula (ações, falas, atitudes, interações professor/alunos, etc.) buscando interpretá-los da perspectiva dos atores através da convivência. Esta busca foi complementada pelas entrevistas individuais com todos os estudantes, que além de captar suas percepções, procurou colher opiniões, críticas ou sugestões sobre a metodologia e a importância por eles atribuída ao estudo da natureza da ciência na sua formação.

O trabalho árduo foi recompensado pelos achados que tivemos, pelas amizades e pela enriquecedora oportunidade de aprendizado.

Os resultados da pesquisa sugerem que houve uma melhora significativa nas visões da natureza da ciência da maioria dos estudantes e que o conteúdo apresentado na disciplina de História e Epistemologia da Física e a forma como foi apresentado contribuíram significativamente para esses ganhos.

Aprendemos muito nesta pesquisa, que não foi propriamente um estudo objetivo, mas sim um processo e sobre isso gostaríamos de fazer alguns comentários.

A motivação é um elemento fundamental para uma boa aprendizagem principalmente quando se busca reflexão crítica. Ela parece estar intimamente ligada

às interações alunos/professor. Assim como os alunos se tornam mais espontâneos na informalidade, também se tornam mais participativos na sala de aula se o professor estimula o debate, permite perguntas, respostas, comentários e até mesmo algumas brincadeiras, sem perda de autoridade. A qualidade e a intensidade das relações sociais que o professor promove em sala de aula pode gerar (ou não) motivação, confiança, amizade, reflexão, ética e responsabilidade nos seus alunos. Arriscaríamos dizer que paixão e comprometimento são fundamentais no exercício da docência. Nesse sentido a metodologia colaborativa presencial e participativa parece ter tido um papel fundamental.

Evidência disso está no fato de que foi disponibilizado para a disciplina um ambiente de ensino à distância, que como se sabe, auxilia no ensino e aprendizagem e propicia interação em tempo real entre professor e alunos. Mas ênfase foi dada ao debate presencial e essa ferramenta resultou sub-utilizada. Não basta disponibilizar tecnologia sofisticada e ambientes virtuais. Papel fundamental está na ênfase que o professor dá a cada estratégia, assim como na sua forma de ver e pensar o mundo. Assim, parece não ser possível passar uma imagem adequada da Física se o professor tem, ele próprio, uma visão inadequada da natureza da ciência.

Entretanto, o alcance de uma única disciplina em final de curso é limitado na missão de promover a mudança das concepções sobre a natureza da ciência. Haja vista a sugestão de boa parte dos estudantes pesquisados neste estudo de se criar mais uma disciplina (quer como continuação e aprofundamento das discussões, quer para separar a História da Epistemologia) sob o argumento quase unânime de *“dar mais tempo para assimilar as novas idéias”*.

Outros achados como de que o curso de Física passa uma visão empirista-indutivista da natureza da ciência e de que os estudantes estão acostumados a aulas expositivas tradicionais não chegam a surpreender, pois ratificam resultados de pesquisas anteriores. Como conseqüência, os estudantes apresentam surpresa, desconforto e resistência inicial tanto às novas idéias epistemológicas quanto às estratégias de trabalho de grupo, construção de mapas conceituais ou outros instrumentos heurísticos, debates e apresentações de trabalhos ao grande grupo.

Todas essas dificuldades, entretanto, podem ser superadas e se transformam em fascínio desde que mediadas pela determinação do professor. As mudanças não acontecem espontaneamente.

Ao se adotar uma postura assim muitos são os desafios. Os próprios livros didáticos transmitem uma visão inadequada da ciência, tratando a realidade objetiva como originária de teorias fixas e imutáveis. Concordamos que essa transformação é lenta, mas necessária. Quando implementada alarga os horizontes, coloca o homem (cientista) em posição pró-ativa, construtor de conhecimento, alerta para a responsabilidade social (de cientistas e professores) e incentiva a reflexão crítica.

O uso da História da Física sempre “bem vinda” para os estudantes, pois interessante, motivadora e complementar a qualquer ciência precisa ser, no entanto, bem pensada. Consagrar mitos em torno da ciência e dos cientistas nada acrescenta. Mais proveitoso parece ser o esclarecimento das controvérsias ocorridas na época da propositura das teorias, que aliás os livros didáticos e de divulgação não fazem, pois não mostram a ciência como uma atividade humana e contextualizada. O esclarecimento desses mitos e controvérsias permite rever conceitos e recuperar significados facilitando sua assimilação à luz do conhecimento atual.

Outro achado, ainda que não inovador, pois muito comum nas conversas de corredor do Instituto de Física, é que “*paixão pela Física*” é a emoção que move e traz os estudantes para o curso de Física. Cabe à universidade mantê-la viva e nesse sentido parece que o curso de História e Epistemologia da Física contribuiu significativamente.

As entrevistas indicaram que mesmo decorrido um tempo razoável após o término da disciplina, muitos aspectos fundamentais da epistemologia contemporânea estavam presentes e bastante integrados à estrutura cognitiva da maioria dos estudantes. Nossa percepção sugere que o resultado dos debates e discussões das idéias contemporâneas da natureza da ciência e suas implicações para o ensino e aprendizagem feitas em sala de aula é o que de mais estável parece ter ficado na aprendizagem.

Isso por si só aponta uma esperança para o uso das estratégias aqui descritas na formação de professores de Física mais críticos, reflexivos e socialmente responsáveis.

REFERÊNCIAS

- AUSUBEL, D.P., NOVAK, J.D. e HANESIAN, H. *Psicologia Educacional*. Tradução de Eva Nick, Heliana B.C. Rodrigues, Luciana Peotta, Maria A. Fontes e Maria G.R. Maron, Editora Interamericana, Rio de Janeiro, 1980.
- _____, *Educational psychology: a cognitive view*. (2ª ed.) Nova York, Holt, Rinehart and Winston, 1978, 733 p.
- BACHELARD, Gaston. *A Filosofia do Não*. Tradução de Joaquim José Moura Ramos, Editorial Presença, Lisboa, 5ª edição, 1991. Título original: *La Philosophie du Non*, 1988.
- BARBETTA, Pedro Alberto. *Estatística Aplicada às Ciências Sociais*. 5ª edição, revisada, Editora da UFSC, Florianópolis, 2003, 340 p.
- BETTANY, Laurence. David Bohm and the implicate order: a new paradigm for physics teachers, *Physics Education*, Vol. 33(6), november/1998, p. 419-423.
- BLIGH, Philip. The implications of reductionist physics for human culpability. *Physics Education*, Vol. 24, nº 1, 1989, p. 9-13.
- BOGDAN, Robert C. and BIKLEN, Sari Knopp. 1982. *Qualitative Research for Education: an introduction to theory and Methods*, Allyn and Bacon, Inc., Boston, USA.
- CAMPOS, Hélio Silva. Uma Abordagem sobre a Irrracionalidade da Realidade no Problema da Observação, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Vol. 19, nº 2, 2002, p. 191-207.
- CHALMERS, Alan F. *O que é ciência afinal?* Tradução de Raul Fiker, Editora Brasiliense, 1ª ed., 3ª reimpressão, São Paulo, 1999.
- CLEMINSON, Andrew. Establishing an Epistemological Base for science teaching in the light of contemporary notions of the nature of science and of how children learn science, *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 27, nº 5, p. 429-445, 1990.
- COTHAM, Joseph C.; SMITH, Edward L. Development and validation of the conceptions of scientific theories test, *Journal of Research in Science Teaching*, Vol 18, nº 5, 1981, p. 387-396.
- CUDMANI, L. Colombo e SANDOVAL, J. Salinas de. Modelo Físico e Realidade. Importância epistemológica de sua adequação quantitativa. Implicações para a Aprendizagem, *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Vol. 8, nº 3, dez/1991, p. 193/204.
- DEMO, Pedro. *Pesquisa Participante: mito e realidade*, SENAC/DN, Rio de Janeiro, 1984.
- DIAS, Penha Maria Cardoso, A (Im)Pertinência da História ao Aprendizado da Física (Um Estudo de Caso), *Revista Brasileira de Ensino de Física*, Vol. 23, nº 2, p. 226-235, 2001.

- EL-HANI, Charbel Niño; TAVARES, Eraldo José Madureira e ROCHA, Pedro Luís Bernardo. Concepções Epistemológicas de Estudantes de Biologia e sua transformação por uma proposta explícita de Ensino sobre História e Filosofia das Ciências. *Investigações em Ensino de Ciências (IENCI)*, Revista Eletrônica IF/UFRGS, Vol. 9, nº 3, dez/2004.
- ERICKSON, Frederick. (1986). *Qualitative Methods in Research on Teaching*, in: Wittrock, M.C. (Ed), Handbook of Rsearch on Teaching, (3rd. ed.), New York.
- FAZENDA, Ivani C.A., LINHARES, Célia e TRINDADE, Vitor (organizadores). *Os lugares dos Sujeitos na Pesquisa Educacional*, 2ª Edição Revista e Ampliada, Campo Grande, MS, Ed. UFMGS, 2001.
- FEFF, Henrique. *Epistemologia Ambiental*, tradução de Sandra Valenzuela, revisão técnica de Paulo Freire Vieira, Editora Cortez, 2ª edição, São Paulo, 2002.
- FEYERABEND, Paul. *Contra o Método*, Tradução de Octanny S. da Mota e Leonidas Hegenberg, Rio de Janeiro, Francisco Alves, 1989. Título Original: Against Method, 1975.
- FOUCAULT, Michel. *Vigiar e Punir*, Editora Vozes, 29ª Edição, 2000, 280 p.
- GILBETT, Steven W. Model building and a definition of Science, *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 28, nº 1, p. 73-79, 1991.
- GOETZ, J.P. y LECOMPTE, M.D. (1988). *Etnografía y diseño cualitativo en investigación educativa*, traducido por Antonio Ballesteros, Ediciones Morata, Madrid.
- GRECO, Alessandro. *Homens da Ciência*, Editora Conrad do Brasil, 1ª Edição, 2001, 188 p.
- HARRES, J.B.S. (1999). *Concepções de professores sobre a natureza da ciência*. Porto Alegre: Curso de Pós-Graduação em Educação – PUC, Tese. Dout. Educação.
- HASHWEH, Maher Z. Effects of Science teachers' epistemological beliefs in teaching, *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 33, n. 1, p. 47-63, 1996.
- ISLÃS, Stella Maris e PESA, Marta A. Futuros Docentes y Futuros Investigadores se Expresan sobre el Modelado en Física, *Revista Brasileira de Ensino de Física*, Vol. 23, n. 3, p. 319-328, set/2001.
- KAPLAN, Abraham. (1969). *A Conduta na Pesquisa*, Herder Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- KELLY, George A. (1963). *A theory of personal constructs*. New York, W.W. Norton & Company. 189 p.
- KHISHFE, Rola e ABD-EL-KHALICK, Fouad. Influence of Explicit and Reflective versus Implicit Inquiry-Oriented Instruction: on Sixth Graders' Views of Nature of Science, *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 39, n. 7, p. 551-578, 2002.
- KUHN, Thomas S. *A Estrutura das Revoluções Científicas*, São Paulo, Perspectiva, 1978.

- _____, *A Estrutura das Revoluções Científicas*, Tradução de Beatriz Vianna Boeira e Nelson Boeira, 8ª edição-revista, Editora Perspectiva, São Paulo, 2003.
- KYLE JR., William C. Should “scientific” creation and the science of evolution be taught with equal emphasis? *Journal of Research in Science Teaching*, Vol 17, nº 6, p. 519-527, 1980.
- LAKATOS, Imre. *Metodología de los Programas de Investigación Científica*, Alianza, Madrid, 1993.
- LANG DA SILVEIRA, Fernando. A Filosofia da Ciência de Karl Popper: o Racionalismo Crítico, *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Vol. 13, nº 3, 1996, p. 197/218.
- LAUDAN, Larry. *El Progreso y sus Problemas*, Encuentro Ediciones, Madrid, 1977.
- LEDERMAN, Norman; DRUGER, Marvin. Classroom Factors related to changes in students’ conceptions of the nature of science, *Journal of Research in Science Teaching*, Vol 22, nº 7, 1985, p. 649/662.
- LEDERMAN, Norman G.; ABD-EL-KHALICK, Fouad; BELL, Randy L. Implicit versus Explicit Nature of Science Instruction: An explicit Response to Palmquist and Finley, *Journal of Research in Science Teaching*, Vol 35, nº 9, 1998, p. 1057-1061.
- LEDERMAN, Norman G.; ABD-EL-KHALICK, Fouad; BELL, Randy L.; SCHWARTZ, Renè S. Views of Nature of Science Questionnaire: Toward Valid and Meaningful Assessment of Learners’ Conceptions of Nature of Science, *Journal of Research in Science Teaching*, Vol 39, nº 6, 2002, p. 497-521.
- LIN, Huann-shyang e CHEN, Chung-Chih. Promoting Preservice Chemistry Teachers’ Understanding about the Nature of Science through History. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol 39, nº 9, 2002, p-773-792.
- MARSH, David D. and WANG, Hsingchi A. Science Instruction with a Humanistic Twist: Teacher’s perception and practice in using the History of Science in Their Classrooms, *Science & Education*, Vol 11, 2002, p. 169-189.
- MASSONI, N.T. *Epistemologias do Século XX*, 2005, Texto de Apoio ao Professor de Física, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, UFRGS, ISSN 1807-2763, v. 16, nº 3.
- MASSONI, N.T. e MOREIRA, M. A. O cotidiano da sala de aula de uma disciplina de História e Epistemologia da Física para futuros professores de Física, 2005, (trabalho submetido à publicação).
- MASSONI, N.T. e MOREIRA, M. A. Entendimento e evolução das concepções da natureza da ciência de estudantes de Licenciatura em Física através da análise de trabalhos produzidos em uma disciplina de História e Epistemologia da Física, 2005, (trabalho submetido à publicação).

- MATTHEWS, Michael R. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação, *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Vol. 12, nº 3, dez/1995, p. 164-214.
- MATURANA, Humberto R. *Ciência, Cognição e Vida Cotidiana*, Editora da UFMG, 2001.
- McADAM, Janice Emens. The persistent stereotype: children's images of scientists, *Physics Education*, Vol. 25, nº 2, 1990, p. 102-105.
- McCLELLAND, Gerry. The limits to a physics teacher's responsibility, *Physics Education*, Vol. 18, nº 3, 1983, p. 114/116.
- MEICHTRY, Yvonne J. The Impact of Science Curricula on Students Views about the nature of Science, *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 30, nº 5, p. 429-443, 1993.
- MESTRE, Jose P. Implications of research on learning for the education of prospective science and physics teachers. *Physics Education*, Vol 36, nº 1, 2001, p. 44-51.
- MOREIRA, M. A. *Teorias de Aprendizagem*, Editora Pedagógica e Universitária Ltda., São Paulo, 1999, 195 p.
- MOREIRA, M. A. e VEIT, E.A. *Fidedignidade e Validade*, Texto de apoio preparado para a disciplina de pós-graduação, *Bases Teóricas e Metodológicas para o Ensino Superior*, Instituto de Física, UFRGS, 2003.
- MOREIRA, M. A. e BUCHWEITZ, B. *Mapas Conceituais Instrumentos Didáticos, de Avaliação e de Análise de Currículo*, Editora Moraes, São Paulo, 1987.
- MOREIRA, M. A. e SILVEIRA, F.L. *Instrumento de Pesquisa em Ensino e Aprendizagem: a entrevista clínica e a validação de testes de papel e lápis*, Porto Alegre, EDIPUCRS, 1993, 101 p.
- MOREIRA, Marco Antonio. A Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud, o Ensino de Ciências e a Pesquisa nesta Área, *Revista Eletrônica: Investigações em Ensino de Ciências (IENCI)*, IF-UFRGS, Vol. 7, nº 1, 2002.
- MOREIRA, Marco Antonio. 2002. *Investigación en Educación en Ciencias: Métodos Cualitativos*, Texto de Apoyo nº 14, Programa Internacional de Doctorado en Enseñanza de las Ciencias, Universidad de Burgos, España. UFRGS, Departamento de Física, Porto Alegre, Brasil.
- MOREIRA, M. A., MASSONI, N. T. e OSTERMANN, F. História e Epistemologia da Física na Licenciatura em Física: uma disciplina que visa transformar as concepções da natureza da ciência, 2005 (trabalho submetido à publicação).
- MOREIRA, M. A. e MASSONI, N. T. Evolução das visões e crenças de futuros professores de Física sobre a natureza da ciência: influência de uma disciplina de História e Epistemologia da Física, 2005, (trabalho submetido à publicação).

- MOURA, Rodrigo e CANALLE, João Batista Garcia. Os Mitos dos cientistas e suas Controvérsias, *Revista Brasileira de Ensino de Física*, Vol. 23, nº 2, p. 238-251, 2001.
- NEVES, Marcos Cesar Danhoni. O resgate de uma história para o ensino de física, *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Vol. 9, nº 3, dez/1992, p. 215-224.
- NEVES, José Luiz. Pesquisa Qualitativa – Características, Usos e Possibilidades, *Caderno de Pesquisas em Administração*, V.1, Nº 3, São Paulo, 1996.
- NIAZ, Mansoor and RODRÍGUEZ, María A. Improving learning by discussing controversies in 20th century physics, *Physics Education*, Vol. 37, nº 1, (2002), p.59/63.
- NORRIS, Stephen P. The Philosophical Basis of Observation in Science and Science Educaion, *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 22, nº 9, 1985, p. 817-833.
- NOVAK, J.D. *Uma teoria de educação*. (trad. de M.A. Moreira), São Paulo, Pioneira, 1981. 252 p.
- OGBU, J.U., SATO, N.E. and KIM, E.Y. (1988), *Anthropological inquiry*. In KEEVES, J.P. (Ed.) *Educational Research, methodology, and measurement. An International handbook*. Oxford, Perfamon Press, p. 48-54.
- OGUNNIYI, M.B. An Analysis of prospective science teachers' serstanding of the nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 19, nº 1, 1982, p. 25/32.
- PALMQUIST, B.C., & FINLEY, F.N. Preservice teachers' views of the nature of science during a postbaccalaureate science teaching program, *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 34, p. 595-615, 1997.
- PESA, Marta A. e GRECA, Ileana M., *Las Epistemologias de Bachelard, Laudan y Feyerabend*, Texto de Apoyo nº 5, Programa Internacional de Doctorado en Enseñanza de las Ciencias, Universidad de Burgos, España e Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil, 2000.
- PIAGET, Jean. *A Construção do Real na Criança*. Tradução da terceira edição originalmente publicada em 1963 por Álvaro Cabral. Zahar Editores, Rio de Janeiro, 1970.
- POPPER, Karl R. *A Lógica da Pesquisa Científica*. Tradução de Leônidas Hegenberg e Octanny Silveira da Mota, Editora Cultrix, São Paulo, 6ª Edição, 2000.
- _____, *Conjecturas e Refutações*, Brasília, Ed. UNB, 1982.
- _____, *Lógica da Pesquisa Científica*, São Paulo, EDUSP, 1985.
- PRADO, Fernando D. Experiências Curriculares: com História e Filosofia da Física, *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Vol. 6, Caderno Especial, 1989, p. 9-17.
- PROSSER, Michael; WALKER, Paul; MILLAR, Rosemary. Differences in students' perceptions of learning physics, *Physics Education*, Vol 31, nº 1, p. 43-48, 1996.

- ROSSATO, Ricardo. Século XXI saberes em construção, Passo Fundo, UPF Editora, 2002, 128 p.
- RYDER, Jim; LEACH, John; DRIVER, Rosalind. Undergraduate Science Students' Images on Science, *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 36, nº 2, 1999, p. 201-219.
- SANDOVAL, J. Salinas; CUDMANI, L. Colombo; MADOZZO, M. Jean. Las concepciones epistemológicas de los docentes en la enseñanza de las ciencias fácticas, *Revista Brasileira de Ensino de Física*, Vol. 17, n. 1, 1995, p. 55/61.
- SHIBLEY, Ivan A. JR. Using Newspapers to Examine the Nature os Science, *Science & Education*, Vol. 12, 2003, p.691-702.
- SOLOMON, Joan; DUVEEN, Jonathan, and SCOT, Linda. Teaching About the Nature of Science through History: Action Research in the Classroom, *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 29, nº 4, 1992, p. 409-421.
- TEIXEIRA, Elder Sales; EL-HANI, Charbel Niño; FREIRE, Olival Jr. Concepções de Estudantes de Física sobre a natureza da ciência e sua transformação por uma abordagem contextual de ensino de Ciências, *Revista da ABRAPEC*, Vol.1, nº 3. 2001, p. 111.
- TORRES SANTOMÉ, Jurjo. Prologo a la edicion española “*Etnografía y diseño cualitativo en investigación educativa*”, por J.P. Goetz y M.D. LeCompte, Ediciones Morata, Madrid, 1988.
- TOULMIN, Stephen. *La Comprensión Humana*, versión española de Nestor Miguez, Alianza Editorial, Madrid, 1977.
- TRIVIÑOS, Augusto N.S. *Introdução à Pesquisa em Ciências Sociais*, Editora Atlas, São Paulo, 1987.
- VERGNAUD G. (1993). *Teoria dos campos conceituais*. In Nasser, L. (Ed.) Anais do 1º Seminário Internacional de Educação Matemática do Rio de Janeiro. p. 1-26.
- VIGGIANI BICUDO, Maria Aparecida e CUNHA ESPÓSITO, Vitória Helena. *Pesquisa Qualitativa em Educação*, 2ª Edição (Revista), Editora UNIMEP, 997.
- VILLANI, Alberto; BAROLLI, Elisabeth; CABRAL, Tânia C.B.; FAGUNDES, Maria B.; YAMAZAKI, Sérgio C. Filosofia da Ciência, História da Ciência e Psicanálise: Analogias para o Ensino de Ciências, *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Vol. 14, n. 1, 1997, p. 37-55.
- ZEIDLER, Dana L. e LEDERMAN, Norman G. The effect of teachers' language on students' conceptions of the nature of science, *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 26, nº 9, p. 771-783, 1989.
- ZIMMERMANN, Erika e BERTANI, Januária A. Um novo olhar sobre os cursos de formação de professores. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Vol. 20, nº 1, abr/2003, p. 43-62.

WILLIAMS, W.F. The responsibility of scientists, *Physics Education*, Vol. 18, nº 3, 1983, p. 110/114.

WOODS, Peter. *La escuela por dentro – La etnografía en la investigación educativa*. Tradução de Marco Aurelio Galmarini, Centro de Publicaciones del M.E.C. y Ediciones Paidós Ibérica, S.A., Barcelona, (1986).