



Universidade Federal de Santa Catarina
Centro de Ciências Físicas e Matemáticas
Centro de Ciências da Educação
Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica

MIKAEL FRANK REZENDE JUNIOR

**O PROCESSO DE CONCEITUALIZAÇÃO EM
SITUAÇÕES DIFERENCIADAS NA FORMAÇÃO
INICIAL DE PROFESSORES DE FÍSICA**

TESE DE DOUTORADO

FLORIANÓPOLIS
2006

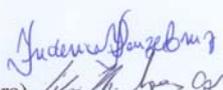


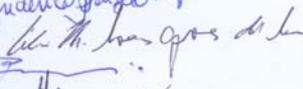
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS FÍSICAS E MATEMÁTICAS
CENTRO DE CIÊNCIAS DA EDUCAÇÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO CIENTÍFICA E
TECNOLÓGICA - CURSO DE DOUTORADO

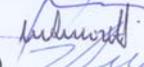
“O PROCESSO DE CONCEITUALIZAÇÃO EM SITUAÇÕES DIFERENCIADAS
NA FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES DE FÍSICA”

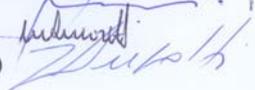
Tese submetida ao Colegiado do
Curso de Doutorado em Educação
Científica e Tecnológica em
cumprimento parcial para a
obtenção do título de Doutor em
Educação Científica e Tecnológica

APROVADA PELA COMISSÃO EXAMINADORA em 25/08/2006

Dr. Frederico Firmo de Souza Cruz (CFM/UFSC – Orientador) 

Dr^a. Célia Maria Soares Gomes de Sousa (IF/UNB – Examinadora) 

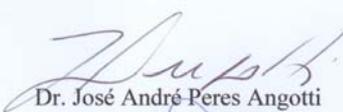
Dr. Roberto Nardi (FC/UNESP-Bauru – Examinador) 

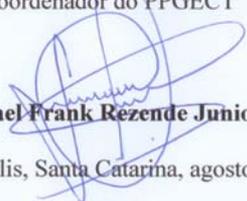
Dr. Mérciles Thadeu Moretti (CFM/UFSC – Examinador) 

Dr. José André Peres Angotti (CED/UEDESC - Examinador)

Dr. Demétrio Delizoicov Neto (CED/UFSC – Suplente)

Dr. José de Pinho Alves Filho (CFM/UFSC - Suplente)


Dr. José André Peres Angotti
Coordenador do PPGET


Mikael Frank Rezende Junior

Florianópolis, Santa Catarina, agosto de 2006

Para as minhas famílias, Pereira-Rezende e Ofugi-Rodrigues.

AGRADECIMENTOS

Escrever agradecimentos não é uma tarefa fácil; talvez por isso seja o último item a ser feito, contudo, sempre aparece no início de qualquer trabalho. E não é por menos que eles estão presentes de forma tão marcante. Há agradecimentos dos mais distintos; administrativos formais, para familiares, para as agências de fomento, para os amigos, para os professores dos programas de pós-graduação e para todos aqueles que ajudaram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

Mas nesse espaço, onde não há preocupações em ser avaliado pelas palavras usadas, tentarei expressar um sentimento que não se resume somente a um agradecimento, mas sim, a uma sensação de ser um privilegiado em ter tido a oportunidade conhecer grandes pessoas, desde que cheguei da terra das alterosas e desembarquei na ilha da magia.

Ao Prof. Frederico Firmo de Souza Cruz, Fred, que nesses últimos anos tem me orientado em todos os sentidos, pela parceria e amizade. O meu respeito e profunda admiração.

Ao Prof. José André Peres Angotti, que acreditou em mim antes mesmo de eu próprio o fazer.

Ao Prof. José de Pinho Alves Filho, por propiciar-me um exercício de argüição constante, pelas histórias “que nunca podem ser contadas” e pelo carinho sempre demonstrado.

À Prof^a. Sônia Maria S. C. de Souza Cruz, pelos conselhos, pela confiança e por toda contribuição para minha vida acadêmica.

Ao Prof. Arden Zylbersztajn, exemplo de profissional a ser seguido.

Ao Prof. Demétrio Delizoicov, figura ímpar, pelo padrão de intelectualidade e sensibilidade sempre afloradas e pelo incentivo de sempre.

Ao Prof. Méricles Tadeu Moretti, pela presteza no empréstimo da bibliografia “francesa”, em especial os textos mais raros de G. Vergnaud, e pelas valiosas contribuições durante a qualificação dessa tese.

À Profa. Célia Sousa, pela gentileza ao enviar em forma digital sua tese de doutorado, essencial para o aprofundamento da reflexão sobre G. Vergnaud.

Aos demais professores do Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, Prof. Walter Bazzo e Prof^a. Nadir Ferrari, e a secretária Lúcia, pela sempre agilidade na solução de todos os problemas burocráticos.

Ao apoio recebido pelos colegas do Departamento de Física da Universidade Federal de Itajubá nos momentos finais desse trabalho, representado na pessoa do Prof. Agenor Pina.

Aos colegas das turmas do PPGECT, dentre os quais eu gostaria de agradecer nominalmente a Paulo Celso Ferrari, Joanez Aires, Marcos Aurélio de Souza, Inés Prieto Schmidt Sauerwein e Tatiana Galieta Nascimento, pelos longos cafés, extremamente necessários, e tudo mais, que não é possível de ser sintetizado em palavras.

Em especial, aos meus grandes amigos com os quais eu tive a honra de compartilhar muitas tardes de devaneios intelectuais, Elio Carlos Ricardo e José Francisco Custódio, parceiros em trabalhos especiais, companheiros famintos do “bolão do CED” e membros fundadores da *Escola de Florianópolis*.

Ao povo brasileiro, pela oportunidade e pelo apoio financeiro através da CAPES.

O cientista não estuda a natureza por sua utilidade;
ele a estuda por prazer, que advém do fato de a natureza ser bela.
Se ela não fosse bela, não valeria a pena conhecê-la.

H. Poincaré

RESUMO

Neste trabalho é feito uma análise da tradição do Ensino de Física e das situações didáticas à luz da Teoria dos Campos Conceituais de Gérard Vergnaud. Em um sentido geral, argüimos que a tradição do Ensino de Física não cria situações que contribuem para o processo de conceitualização dos estudantes, ou ainda, usando a terminologia de Vergnaud, há uma fragmentação na tripla [S,I,R].

Além disso, esta tradição em contextos específicos, como assuntos de Física Moderna e Contemporânea ainda podem criar obstáculos, tanto na formação inicial de professores de Física quanto em sua atividade profissional como docentes da educação básica. Assim, de forma complementar, promoveu-se uma discussão sobre as perspectivas de introdução de tópicos e temas de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio Brasileiro. A partir de dados obtidos através de entrevistas semi-estruturadas, buscou-se caracterizar a pertinência e as pretensas características (formativa ou informativa) dos conceitos da Física do século XX para a escola média.

Em um sentido mais amplo, buscamos argumentar que disciplinas tradicionalmente presentes nos cursos de Licenciatura em Física, como Instrumentação para o Ensino de Física, podem constituir-se como situações didáticas diferenciadas que possibilitam o desenvolvimento e a análise do processo de conceitualização de licenciandos em Física.

ABSTRACT

In this work we analyze the physics teaching tradition and the didactical situations with Vergnaud's theory of Conceptual Field. In a wide sense we argue that the traditional way of teaching physics does not create situations which contribute to the conceptualization process of students due to the fragmentation of the Vergnaud's triple [S,I,R].

Furthermore this tradition can even create obstacles, for example, about of topics and themes of Modern and Contemporary Physics in the Brazilian High School. Starting from data obtained from semi-structured interviews, it was looked for characterize the pertinence and the assumed characteristics (formative or informative) of the XX century concepts on physics to the basic school.

We argue also that within certain disciplines of the physics teachers course at University level, "Instrumentação para o Ensino de Física", it is possible to create a differentiated situation which are rich enough and with many challenges so that we can exploit the conceptualizing process of students. The analysis and proposition is based on the Vergnaud's theory of conceptual field.

SIGLAS*

SIGLA	SIGNIFICADO
CC	Campos Conceituais
DCNEM	Diretrizes Curriculares Nacionais do Ensino Médio
EM	Ensino Médio
ENEM	Exame Nacional do Ensino Médio
FC	Física Clássica
FMC	Física Moderna e Contemporânea
FQ	Física Quântica
GREF	Grupo de Reelaboração do Ensino de Física
IES	Instituição de Ensino Superior
INEP	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais
INSPE	Instrumentação para o Ensino de Física
LD	Livro Didático
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
MEC	Ministério da Educação e Cultura
MQ	Mecânica Quântica
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
PCN+	Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais
PCSC	Proposta Curricular de Santa Catarina
PPP	Projeto Político Pedagógico
PSR	Práticas Sociais de Referência
PT	Projeto(s) Temático(s)
SAEB	Sistema de Avaliação da Educação Básica
TCC	Teoria dos Campos Conceituais
TD	Transposição Didática

* As siglas em negrito referem-se àquelas que aparecem com maior frequência ao longo do texto

SUMÁRIO

PREFÁCIO.....	001
INTRODUÇÃO.....	008
1. CAPÍTULO I – A FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NA ESCOLA MÉDIA: CONTEXTO GERAL.....	019
1.1 INTRODUÇÃO.....	019
1.2 O ENSINO DE FÍSICA E SUAS PRERROGATIVAS LEGAIS.....	024
1.3 O ENSINO DE FÍSICA E A FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA: JUSTIFICATIVAS E TENDÊNCIA.....	029
1.4 A FÍSICA COMO CULTURA CONTEMPORÂNEA.....	032
1.5 A FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES: UMA PREOCUPAÇÃO LATENTE.....	036
1.6 A FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA E OS LICENCIANDOS EM FÍSICA: CONFLITOS E APROXIMAÇÕES.....	041
1.7 OS LIVROS DIDÁTICOS E A FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA: CONTEÚDO E ABORDAGEM.....	054
2. CAPÍTULO II – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	062
2.1 A TEORIA DOS CAMPOS CONCEITUAIS DE GÉRARD VERGNAUD.....	062
2.1.1 Introdução.....	062
2.1.2 Os Campos Conceituais.....	066
2.1.3 Conceitos.....	067
2.1.4 Situações.....	068
2.1.5 Esquemas.....	070
2.1.6 Os Invariantes Operatórios.....	072
2.1.7 Implicações Didáticas.....	073
2.2 AS RELAÇÕES DIDÁTICAS, OS OBSTÁCULOS À APRENDIZAGEM E A TEORIA DOS CAMPOS CONCEITUAIS.....	075
2.2.1 Introdução.....	075
2.2.2 A Relação Didática e os Obstáculos à Aprendizagem.....	077
2.2.3 As Múltiplas Variáveis de uma Relação Didática.....	080
2.2.4 A Noção de Objetivo-Obstáculo como Alternativa Didática.....	084
2.2.5 Retomando a Teoria dos Campos Conceituais.....	088
2.2.6 A Devolução versus a Contra-Devolução e o Gerenciamento de Paradoxos.....	091

3. CAPÍTULO III – A FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA PARA A ESCOLA MÉDIA: UM PROBLEMA DE TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA?.....	095
3.1 A FÍSICA E SEU OBJETO DE ENSINO.....	095
3.2 OS LIMITES DE UMA TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA TRADICIONAL PARA A FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO ENSINO MÉDIO.....	104
3.3 ENTRE A FORMAÇÃO E A INFORMAÇÃO: VISLUMBRANDO UMA INTUIÇÃO EDUCADA.....	114
3.4 PRESSUPOSTOS, CONSIDERAÇÕES E ADAPTAÇÕES SOBRE A TEORIA DOS CAMPOS CONCEITUAIS.....	125
4. CAPÍTULO IV – A FÍSICA E A FÍSICA ESCOLAR: A APRENDIZAGEM EM DIFERENTES NÍVEIS DE ENSINO.....	133
4.1 INTRODUÇÃO.....	133
4.2 CARACTERIZAÇÃO DO AMBIENTE DA PESQUISA E AMOSTRA...	136
4.3 INSTRUMENTAÇÃO PARA O ENSINO DE FÍSICA: HISTÓRICO, PANORAMA ATUAL E ESCOLHA.....	138
4.4. FASES DAS ATIVIDADES DE PESQUISA.....	146
4.5 ASPECTOS METODOLÓGICOS: FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	153
4.5.1 As Entrevistas Semi-Estruturadas e os Questionários Abertos.....	156
4.6 A RELAÇÃO DO LICENCIANDO COM O UNIVERSO ESCOLAR.....	159
5. CAPÍTULO V – A FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES DE FÍSICA E AS SITUAÇÕES DIFERENCIADAS.....	166
5.1 INTRODUÇÃO.....	166
5.2 A FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA E SUA IMPLEMENTAÇÃO NA ESCOLA BÁSICA: A FALTA DE EXEMPLARES DIDÁTICOS E A INSEGURANÇA DE LICENCIANDOS..	168
5.3 A IMPORTANCIA DE DISCIPLINAS INTEGRADORAS NA FORMAÇÃO CONCEITUAL DE LICENCIANDOS.....	174
5.4 A IMPLEMENTAÇÃO DA FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO ENSINO MÉDIO ESTIMULADA PELO DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS TEMÁTICOS JUNTO À LICENCIANDOS.....	182
5.4.1 Projetos Temáticos envolvendo elementos de Física Clássica.....	184
5.4.2 Projetos Temáticos envolvendo elementos de Física Moderna e Contemporânea.....	190
5.4.3 Quando o desenvolvimento de Projetos Temáticos não faz parte da Formação de Graduandos.....	199
5.4.4 Comentários gerais sobre o desenvolvimento de Projetos Temáticos como Potencializadores do Processo de Conceitualização em Licenciandos.....	204

5.5 A TEORIA DOS CAMPOS CONCEITUAIS E O DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS TEMÁTICOS: APROXIMAÇÕES TEÓRICAS E PERSPECTIVAS DE ANÁLISE.....	206
6. CAPÍTULO VI – A FORMAÇÃO DE LICENCIADOS EM FÍSICA: UMA PROPOSTA, UM DESAFIO.....	212
6.1 INTRODUÇÃO.....	212
6.2 O QUE PENSAM OS LICENCIANDOS SOBRE OS RESULTADOS OBTIDOS COM A CONFECCÃO E/OU APLICAÇÃO DOS PROJETOS TEMÁTICOS.....	214
6.3 LICENCIATURA EM FÍSICA: UMA FORMAÇÃO PARA A REALIDADE ESCOLAR.....	220
6.4 PERSPECTIVA DE AÇÃO NA ESCOLA BÁSICA.....	223
6.5 QUESTIONAMENTOS GERAIS E PERSPECTIVAS DE CONTINUIDADE.....	226
6.6 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	230
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	237
8. ANEXOS.....	251

PREFÁCIO¹

Já elaborei teses, principalmente na minha infância. Elas versavam sobre as mais diversas teorias, como a do o rato que habitava o nosso porão era menor do que a minha mãe o descrevia, pois caso fosse, ele não poderia sair de lá para se alimentar. Existiram muitas outras, horas e horas de pura divagação, sem compromissos ou regras. Um exercício de construção do intelecto infantil.



Mas de todas as minhas especulações, de uma delas eu me lembro lucidamente. Ainda muito jovem, minha professora havia mostrado o globo terrestre, dito que a Terra girava e que demorava 24 horas para dar uma volta em torno dela. Mostrando os continentes, os países e ilhas, todos da sala queriam saber onde ficava o Alaska, a Suíça, a China e o Havaí. Lembro também que todos ficaram boquiabertos quando a professora comentou que o Japão ficava do outro lado do planeta onde, de imediato, uma algazarra ensurdecadora de meninos e meninas tentava entender como é que os japoneses conseguiam ficar de cabeça para baixo o tempo

¹ As ilustrações desse prefácio são de autoria de Ana Lúcia Lima Machado.

todo. E não demorou muito para que uma pergunta fosse feita: *Então professora, se eu pegasse um helicóptero e ficasse flutuando no ar eu chegaria no Japão?*



Não me lembro da resposta (se é que existiu) e muito menos do que aconteceu depois de tão atrevida pergunta, como também não lembro o nome da professora e de meus colegas de sala, mas sei que essa pergunta iluminou meus pensamentos durante meses, onde eu imaginava minhas viagens dando “pulinhos” sobre a Terra.

Existiram também outros momentos, nem sempre agradáveis. Recordo do desprazer de ter conhecido um “professor” de Física que, depois de encerrado seus argumentos durante uma discussão sobre a queda dos corpos ridicularizou-me com um sonoro: *“Você é burro!!!! Você não consegue entender que o corpo mais pesado e o mais leve vão cair juntos!!!!”*. Não quero estender essa história, mas o que posso dizer é que talvez esse tenha sido um dos motivos de eu estar aqui escrevendo essas palavras.



Das teorias da infância aos bancos da universidade muitas coisas mudaram, mas um elemento persistiu: Vários professores (uns com mais títulos na parede do que minha professora do primário) que sempre tentavam “podar” idéias. Digo podar, pois não me recordo, por exemplo, de ter tido a possibilidade de ir para um laboratório, uma única vez, para realmente fazer uma experiência. Ia, na verdade, para preencher os dados que faltavam em uma tabela e copiar as conclusões escritas no rodapé do capítulo de um livro.

Mas obviamente eu não posso dar todo o crédito de estar escrevendo estas palavras àquele, cujas palavras ofensivas habitaram minha mente durante anos. Nesse tempo, verdadeiros mestres dos quais eu tive o prazer da convivência me mostraram que também há um outro lado, onde o pensamento voa e a magia desse empreendimento do conhecimento chamado Ciência realmente se faz mágico. Desses eu me recordo não somente dos nomes, mas das atitudes e até dos trejeitos, e tento me espelhar.



E aqui estou.

Obviamente que escrever uma tese, agora acadêmica, não é lá uma das coisas mais agradáveis da vida. Todos que passaram por essa experiência compartilham, normalmente à *posteriori*, das indecisões, inconstâncias, medos e angustias que permearam todo o desenrolar de um trabalho. Porém, é preciso dizer que muito do que foi escrito aqui foi motivado pela minha relação com o ambiente escolar desde minha infância, de aluno à professor, de sonhador à pesquisador, sempre tentando mostrar que os exemplos daqueles que não mereciam o título de professor deveria ficar em teoria como contra-exemplos.

Em 1999, após a conclusão de minha graduação e com cinco anos de experiência lecionando no Ensino Médio (EM), ingressei no curso de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Educação da UFSC, e pretendia tal como outros colegas, dentro de uma ingenuidade aceitável, resolver os problemas da Física escolar presente no EM. Após muitas leituras, discussões e alguns conselhos, minhas tentativas resumiram-se em discutir teoricamente as limitações de uma Transposição Didática tradicional para o Ensino de Física Moderna e Contemporânea (FMC) no espaço escolar médio. Nesse período, as influências externas disputavam um lugar com as minhas frágeis conjecturas intelectuais.

Durante o primeiro ano do curso de mestrado, toda dedicação voltava-se ao cumprimento das disciplinas e créditos obrigatórios. Dentre eles, o estágio de docência, que deixou de ser uma mera exigência das agências financiadoras e do programa de pós-graduação, e acabou por tornar-se um grande desafio. Digo desafio, pois, dentre as possibilidades existentes, procurei efetivar o estágio junto à disciplina Estrutura da Matéria II (FSC5508), que congrega grande parte dos conceitos e formalismo matemático da FMC ao qual os alunos do curso de licenciatura em Física são apresentados.

Acompanhar tal disciplina como assistente tinha dois objetivos centrais: 1) aprofundar os conhecimentos teóricos sobre conceitos da FMC que ajudariam na discussão conceitual a ser realizada na dissertação. 2) Manter contato para possível entrevista com os licenciandos, que são em potencial, os professores que poderiam vir trabalhar em suas aulas do Ensino Médio (EM) a Física do século XX.

Apesar de todo o esforço demandado na preparação de alguns seminários para os alunos dessa disciplina, os dados coletados nas discussões e também em algumas entrevistas individuais realizadas, não se fizeram presentes na conclusão da dissertação, visto que naquele momento o primado para defesa voltou-se para questões de ordem conceitual sobre os tópicos e temas de FMC. Podemos dizer que algumas idéias sucumbiram diante dos rígidos prazos para a conclusão do mestrado.

Recentemente, após o ingresso no doutorado, muitos resquícios das experiências citadas acima vieram à tona. Como a dissertação germinou idéias, um caminho judicioso, em termos de pesquisa na tese de doutoramento, seria tentar avançar em algumas das proposições lançadas. Mas eis que “coisas” acontecem... Como eu havia acompanhado durante quase um ano a disciplina Estrutura da Matéria II e preparado alguns seminários sobre temas presentes na ementa do curso, o professor da disciplina, que precisou ausentar-se durante uma semana para participar de um evento, pediu-me para que ministrasse um seminário naquelas quatro aulas em que ele estaria fora. O tema escolhido e que encaixaria dentro do programa seguido pelo professor foi LASER.

Preparei-me. Revisei algumas equações, busquei novos exemplos, e organizei as transparências. No dia e hora marcados eu estava lá, esperando que ao final do seminário pudesse minimamente contribuir para a formação dos futuros colegas. Apesar de estar na posição de palestrante de um tópico de FMC para licenciandos, muito de minha experiência como professor do EM deveria me ser útil, visto que os alunos (alguns professores atuantes no

EM) poderiam remeter vários conceitos que estavam sendo discutidos às condições de sala de aula do EM.

Diante de todas as expectativas construídas antes do início do seminário e com o término do primeiro dia, meu sentimento resumiu-se em uma profunda decepção. Tudo o que realmente havia dado trabalho (no sentido prazeroso da palavra) na preparação do seminário, como a demonstração das equações e deduções nem sequer chegaram a ser mencionado, pois quase todos os alunos restringiram-se em perguntar sobre como “isto” ou “aquilo” poderia ser usado na sua sala de aula, se existiam mais exemplos sobre o assunto ou se “este” ou “aquele” conceito eram relevantes. Muitas perguntas demonstravam uma séria dificuldade de expressão e uma grande confusão conceitual, fato que deveria ser considerado, visto que estes mesmos alunos provavelmente estariam habilitados e exercendo a função de professor no semestre seguinte.

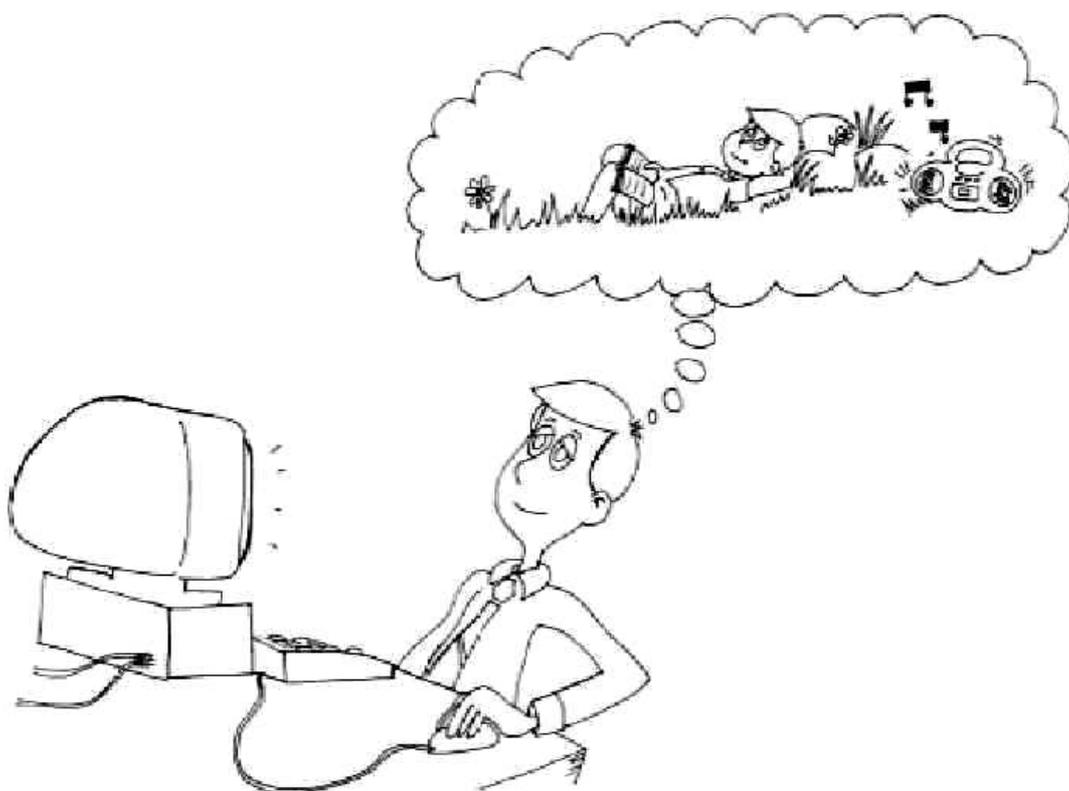
Mas ainda restava a segunda “metade” do seminário. Dessa vez, minimizei minhas projeções e levei juntamente com as transparências um questionário piloto. Caso o rumo das discussões se remetesse novamente (e somente) à aplicação dos conceitos ligados a fenômenos quânticos direcionados a escola média, eu estaria pronto para pedir, ao final do seminário, que os alunos respondessem quatro perguntas, voltadas para o que eles haviam me perguntado nos dois dias do seminário. Dito e feito. Utilizei os 30 minutos finais para que, voluntariamente, os alunos se posicionassem sobre algumas questões latentes nas pesquisas acerca da introdução de FMC no EM. Dos 18 alunos que compunham a turma, 15 responderam as perguntas propostas, dentre os quais estabeleci um contato inicial para uma futura entrevista mais investigativa.

Ao analisar várias respostas tive a sensação de que meu projeto de tese deveria sofrer modificações. A idéia inicial de uma pesquisa voltada exclusivamente ao EM sucumbiu, pois aparentemente seria improvável atingir este nível de ensino sem se preocupar com os professores e sua formação.

Diante desta evidência, com a anuência do colegiado do curso e do orientador, solicitei para que pudesse acompanhar como colaborador as disciplinas de Metodologia e Prática de Ensino de Física (MEN5185) e Prática de Ensino de Física (MEN5384), visto que eram disciplinas no curso de Física que claramente privilegiavam o “novo” e o “real”. O “novo” pela posição marcante do professor titular das disciplinas em privilegiar e incentivar o trabalho dos alunos voltados ao tratamento da Física e Tecnologia Contemporâneas; e o

“real”, pois durante o estágio supervisionado (MEN5384) os alunos se deparavam com um outro mundo, agora “real”, mas também “novo” e desconcertante.

Desde então, perdi a capacidade de debater sobre as perspectivas da FMC sem tocar naqueles que realmente podem chegar ao objetivo: OS PROFESSORES. E para eles, nos mais longínquos cantos e com as mais diversas dificuldades eu espero poder contribuir mesmo que indiretamente, na esperança de que, outras teses, muito mais divertidas, de outras crianças e jovens possam prosperar.



INTRODUÇÃO

Na busca por soluções, os problemas da escola em muitos países e cenários têm sido amplamente debatidos e pesquisados nas últimas décadas; problemas que variam quanto à ordem ou estrutura e que dependem de recursos e interesses. Tais constatações podem ser observadas na movimentação de várias nações para realizarem reformas em seus sistemas de ensino e, consolidadas na forma de Leis.

No Brasil, nossa última reforma foi desencadeada há uma década pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB de dezembro de 1996). Tal reforma foi inspirada não só em demandas internas, mas também a partir de expressivas mudanças na sociedade contemporânea, que acabam impondo novas exigências às pessoas.

Nas diretrizes legais do ensino brasileiro, reflexo disto pode ser encontrado nos textos das Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (DCNEM), que apontam como motores dessa reforma a chamada “revolução da informática e da informação”, ou o que podemos chamar de uma revolução tecnocientífica, aliada ainda ao aumento da demanda por matrículas naquele nível de ensino. Tais fatores são fortes indícios de profundas mudanças de ordem política, econômica e social, e seus reflexos nas bases legais do ensino no Brasil.

Nesse sentido, é compreensível que a reforma atual do ensino brasileiro compreenda não somente pressupostos políticos ideológicos, mas também busque responder a demandas sociais de modernização da escola, de modo que possa atender à comunidade que nela busca formação para enfrentar as dificuldades que lhe são impostas.

Evidentemente que tais reformas podem afetar a prática dos professores em sala de aula, que já estavam sendo questionadas mesmo antes dos documentos do Ministério da Educação, inclusive da nova lei. Foram propiciadas ao professor ferramentas para concretizar uma participação ativa neste processo, ou seja, passar de mero executor das medidas impostas por instâncias superiores para protagonista, ainda que possam ser feitas críticas aos documentos do Ministério da Educação e Cultura (MEC) e das Secretarias Regionais de Educação. De toda forma, o momento é importante, pois a própria lei permite aos professores, escola e comunidade a participação ativa e coletiva na elaboração dos projetos político-pedagógicos (PPP) das escolas, onde é assegurado nos textos das DCNEM os pressupostos pedagógicos da identidade, da autonomia e da diversidade.

A autonomia garante à escola a possibilidade de elaborar um projeto verdadeiramente seu e que atenda às pessoas que nela buscam uma formação, desde que assegurada uma base comum que será objeto de futuras avaliações, como por exemplo, o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM). Essa seria a parte do currículo chamada de núcleo comum. Uma outra chamada de parte diversificada atende não somente ao princípio da autonomia, como também, ao da diversidade e da identidade, pois respeitando as diferenças regionais que enriquecem a cultura brasileira, cada escola poderia garantir uma identidade por meio de seu PPP, mais caracterizado na parte diversificada do currículo que complementar e aprofundaria assuntos tratados no núcleo comum.

Fica claro que a dimensão da reforma pretendida é bem ampla, o que se verifica já na LDB/96 que estabelece que o Ensino Médio (EM) será a etapa final da educação básica, a partir da qual o aluno receberá uma sólida formação garantindo-lhe o exercício da autonomia crítica. Isso implica bem mais que a revisão de conteúdos a ensinar; sugere a revisão das concepções de educação e das práticas em sala de aula.

Porém, publicações² mostraram que há certa recusa dos professores aos documentos do MEC, aliada a uma incompreensão de conceitos fundamentais no contexto da reforma proposta, tais como: competências, interdisciplinaridade, contextualização, parte diversificada, núcleo comum, entre outros.

A resistência aos referidos documentos tem múltiplas razões, que vão desde concepções ideológicas até a desconfiança de que seja de fato uma proposta preocupada com o ensino. Uma outra via de resistência tem sido a estrutura atual da escola ainda hierarquizada verticalmente, que impõe programas a serem cumpridos e onde o professor é visto como um mero executor, sentindo-se cada vez mais impotente a qualquer mudança em seu exercício profissional.

Mas a LDB/96 garante a participação ativa do professor no processo educativo, como foi comentado anteriormente, seja pela elaboração conjunta do PPP da escola, seja pela possibilidade de rever seus conteúdos trabalhados com vista a objetivos educacionais gerais que envolvem a escola. A LDB/96 garante também a especificidade das disciplinas historicamente consolidadas no currículo.

A dimensão da reforma pretendida para o EM é tal que somente o caráter de terminalidade suscitado por lei para esse nível de ensino já seria suficiente para se rever muito das práticas ainda correntes na escola. Com esse novo enfoque mudam-se os objetivos da

² Ver Ricardo, 2002 e Ricardo e Zylberstajn, 2002.

educação média, que deverá assegurar uma formação geral que garanta certa autonomia ao aluno para suas escolhas futuras, quer seja prosseguir nos estudos, o que não se resume ao exame vestibular, quer seja entrar no mercado de trabalho. Esta proposição entra em conflito direto com um ensino nos moldes propedêuticos, por exemplo, no qual o objetivo era preparar para o nível de ensino posterior.

Porém, nos diversos níveis de ensino existem especificidades que necessitam de considerações especiais, ainda mais em um país de dimensões continentais como o Brasil. Focaremos nossas considerações na grande área das Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias³ e elementos agregados a esta área no nível médio. Apesar dos avanços em termos da legislação educacional e até onde pesem as críticas sobre tais, para que minimamente sejam atingidos os objetivos de uma Educação Científica e Tecnológica na educação básica é preciso tocar em fatores adjacentes, que não se limitam a legislação educacional vigente, mas que indubitavelmente, passa por elas.

A limitação do contingente docente é, por exemplo, um dos grandes desafios a serem enfrentados. Conforme dados divulgados pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira⁴ (INEP), nos últimos seis anos ampliou-se em 53% o número de alunos no EM, estimado em aproximadamente três milhões de novos estudantes. Em dissonância com tal crescimento, o já deficitário quadro de professores atuantes no EM, ainda conta com grandes discrepâncias. A título de exemplo, temos no Brasil⁵ **468.310** pessoas que executam funções docentes no EM, não necessariamente professores, sendo que **98.345** não possuem licenciatura específica na função que atuam. Estas proporções tendem somente a aumentar em disciplinas específicas como a Física

Constatam-se como áreas críticas, onde o número de licenciados está muito abaixo da demanda estimada, as disciplinas de Química e Física, em especial se considerarmos que estes docentes devem compartilhar com os biólogos a disciplina de Ciências (MEC, 2001, p. 12).

Tomando por base o número de turmas em comparação com o número de licenciados em cada disciplina nas universidades, o levantamento indica que o déficit de docentes nesse nível de ensino ultrapassa os 250 mil professores. As maiores carências relacionam-se às disciplinas de Química e Física (idem).

Em outro estudo mais atualizado do INEP sobre a educação básica, foi divulgado que são necessários 235 mil professores no Ensino Médio e 476 mil para as turmas de 5ª a 8ª série,

³ Esta área, conjuntamente com Linguagem, códigos e suas Tecnologias e também Ciências Humanas e suas Tecnologias compõem as três grandes áreas de conhecimento na qual as disciplinas específicas foram agrupadas (Brasil, 1999; Brasil, 2002).

⁴ Ministério da Educação e Cultura. Geografia da Educação Brasileira 2001. Brasília: INEP, 2002.

⁵ INEP, Estatística de professores, 2003. Brasília.

um total de 711 mil professores. Segundo ainda este estudo, o país precisaria ter mais 55 mil professores de Física e o mesmo número de Química para suprir a demanda atual. Em contraposição, entre 1990 e 2001, só 7.216 professores graduaram-se em Física e 13.559 em Química.

Mas a falta de professores não atinge só o Brasil. Segundo a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (Unesco), há 59 milhões de professores no planeta, 15 milhões a menos que o mínimo exigido para atingir a meta fixada no Fórum Mundial da Educação de Dacar, em 2000.

Contudo, apesar dos números indicarem o exaustivo trabalho que necessita ser feito por toda a comunidade envolvida, principalmente com a formação inicial de professores, ainda há outros fatores que não podem ser quantificados imediatamente, mas que tem sido tema de pesquisas.

Mais especificamente na Física escolar, durante as últimas décadas, muito têm sido pesquisado e publicado visando contribuir para a melhoria do seu ensino (DELIZOICOV, 2004), onde se destacam pesquisas em áreas como: modelos e modelizações, Concepções Alternativas, desenvolvimento de projetos, metodologias alternativas, funções do laboratório didático, etc.

Dentre as linhas de pesquisa e temas significativamente presentes, são também representados no cenário educacional, trabalhos envolvendo questões acerca das perspectivas da introdução de Física Moderna e Contemporânea (FMC) em diversos níveis de ensino, da argumentação em seu favor até discussões sobre seus limites e potencialidades. Mas, face às peculiaridades dos conceitos referentes à FMC não é temerário sugerir, ainda que introdutoriamente, uma reflexão mais ampla incorporando, por exemplo, a formação dos professores frente às especificidades da FMC, visto que, a partir dela, concretizou-se um novo período que modificou não somente a nossa visão de mundo, mas a visão da própria Física, de cientista, etc. Reflexos de tão esplendoroso movimento podem ser detectados inclusive em outras áreas, relativamente distantes da científica e/ou tecnológica.

Na Física, a Teoria da Relatividade estendeu suas leis às situações em que os corpos se deslocam com velocidades próximas à da luz. Mas apesar de perturbadora e desequilibrante, não comportará neste trabalho uma análise sobre essa magnífica aventura intelectual e todos os seus reflexos na sociedade moderna. Ainda assim, apesar dessa grande revolução ter causado importantes inovações e modificado conceitos estruturadores na Física,

para muitos ela representou muito mais o clímax de um desenvolvimento do que o início de um novo período (BORN, 1928).

No mesmo lado, só que de forma incontestável atualmente, a Física Quântica (FQ) implicou em uma mudança sem precedentes nas noções clássicas de medida, de observação, de localidade, de determinismo e outros. A idéia dos Quanta, revelou-se a chave para interpretar os fenômenos atômicos e subatômicos, dentre outros. Em outras áreas, o potencial desse poderoso aparato teórico tem chamado muito a atenção, sendo que aparições de termos e definições têm surgido de maneira ingênua e até perigosa⁶.

A Teoria Quântica teve suas origens no ano de 1900, com a publicação de um artigo pelo Físico alemão Max Planck, que dirigiu sua atenção ao que era um problema não resolvido pela Física do século XIX: a distribuição entre os diversos comprimentos de onda da energia térmica irradiada por um corpo quente.

Na metade da década de 20 a “nova” Física Quântica foi desenvolvida independentemente por Erwin Schrödinger e Werner Heisenberg, e teve um êxito espetacular. Isto sem contar com as contribuições feitas por Bohr. Elaboraões ulteriores foram formuladas por Paul Dirac, Enrico Fermi, Max Born, Pauli, Feynman, Schwinger, Tomonaga e outros, que conduziram, com o tempo, as explicações satisfatórias da estrutura e reações nucleares, as propriedades elétricas e térmicas dos sólidos, a supercondutividade, a criação e aniquilação de partículas elementares da matéria, a predição da existência de antimatéria, a estabilidade de certas estrelas colapsadas e muito mais. Com a FQ tornou-se possível grandes avanços tecnológicos, como o microscópio eletrônico, o *laser* e o transistor, este base para revoluções tecnocientíficas recentes. Experimentos atômicos extremamente delicados têm confirmado a existência de sutis efeitos quânticos com um assombroso grau de exatidão.

Este catálogo de triunfos singulariza a FQ como uma teoria verdadeiramente notável, uma teoria que descreve corretamente o mundo a um nível de precisão e de detalhes sem precedentes na Ciência.

Mas do ponto de vista conceitual, a FQ baseia-se em pressupostos muito diferentes daqueles da Física Clássica (FC). Dentro dessa teoria, não faz mais sentido falar em trajetória de um elétron ou de qualquer outra partícula microscópica. Tudo o que se pode afirmar diz

⁶ Segundo Mota (2000, p.17, notas) a palavra Quântica tem sido empregada em livros de assuntos variados: O direito quântico de Godofredo Telles Jr (Direito).; A cura quântica de Deepak Chopra (Medicina), Em busca da empresa Quântica de Clemente Nóbrega (Negócios), O ser quântico de Zohar Danah (Auto-ajuda); Dos faraós a Física Quântica de Ricardo de Bernardi (Esoterismo); A obra do artista – Uma visão holística do universo de Frei Betto Psi quântico de Hermani Guimarães Andrade (Psicanálise).

respeito unicamente a probabilidade de se encontrar o elétron em um ponto ou em outro do espaço. Além disso, é impossível saber com exatidão qual é a sua velocidade. A única informação que a FQ fornece é a probabilidade de que um elétron tenha uma determinada velocidade.

A revolução conceitual ocasionada no século XX pelos Quanta e pela Relatividade reedificou de modo inédito a estrutura da Física. Apesar disso, as teorias clássicas não perderam seu significado. Elas continuam válidas em um âmbito, que embora limitado de fenômenos, dá conta de um extenso campo de pesquisa básica e aplicada. Por exemplo, as leis da Mecânica Clássica são mais do que suficientes para explicar o movimento de um satélite em órbita da Terra.

Mesmo com as inúmeras respostas que foram elucidadas com o advento da Teoria da Relatividade e da Teoria Quântica, e do grande número de questões que surgiram com o seu desenvolvimento e suas interpretações, em nenhum momento pode-se deixar de mencionar que a FC também é revolucionária. Se considerarmos todo o seu o êxito, não é de se surpreender que a FQ seja considerada uma autêntica revolução científica. Também não é possível deixar de lembrar da importante presença da FC na Física Contemporânea em áreas como Mecânica dos Flúidos e Sistemas Não Lineares, dentre outras.

Mas, retomemos a característica que queremos salientar: a necessária diferenciação entre o ente clássico e o quântico. No mundo quântico, o objeto é diferente, pois para entendê-lo devemos fazer perguntas diferentes das sugeridas para um objeto clássico. Entender o átomo de hidrogênio é entender o seu espectro e suas transições, e não mais calcular as órbitas na analogia planetária. Por exemplo, enquanto no caso clássico procura-se responder a perguntas envolvendo trajetória, momento e posição, os fenômenos quânticos são descritos e compreendidos a partir de espectros, números quânticos, função de onda, densidade de probabilidade e transições. Para sistemas de muitos corpos temos ainda a indistinguibilidade e o conceito de ocupação.

Apesar de a Teoria Quântica descrever fenômenos do mundo microscópico, as conseqüências destes estão muito presentes no nosso cotidiano. Reconhecê-los como tal e percebê-los é, então, uma questão de conhecimento. Por que as roupas coloridas desbotam com o tempo? De onde vem a energia das estrelas? O que é fotossíntese? Como funciona o aparelho de ressonância magnética?

Contudo, ainda que diante de toda a importância da FMC no progresso desencadeado na Física Básica e Aplicada (e Tecnologias), sua presença na escola ainda não é uma realidade. Embora não seja mais necessário recorrer a extensas justificativas para a necessidade da introdução de conceitos da Física do século XX no EM, fato já consolidado em vários países (OSTERMANN; RICCI, 2002, p.177), é importante ressaltar que como qualquer outra manifestação científica, a inserção da FMC no EM não se justifica somente dentro das perspectivas de atualização curricular, mas porque entende-se que a Física é parte da cultura contemporânea (TERRAZZAN, 1994), e como tal, deve ser estudada, discutida, trabalhada, enfim, ser aproveitada no sentido mais amplo da palavra.

Porém, fazer com que esses elementos científicos e culturais chegue até a sala de aula é um caminho longo, que obriga mudanças de diversas ordens: organizacionais, curriculares, de formação docente etc.

Seguindo o movimento de readequação das atividades escolares aos preceitos de uma formação mais ampla (BRASIL, 1999), manifestações no âmbito regional têm se feito presentes por todo o país. A Proposta Curricular do Estado de Santa Catarina (PCSC) para Educação Infantil, Ensino Fundamental e Médio, por exemplo, confirma e advoga para a necessidade indiscutível de tratar de conhecimentos e teorias mais modernas, mesmo considerando a fragilidade dos conhecimentos de FC pelos alunos e também pelos professores, reportando-se ainda, à necessidade de um trabalho para desenvolver na didática específica da Física, formas de atender este aprendizado (Santa Catarina, 1998, p.144).

A busca por metodologias adequadas para a FMC no espaço escolar médio também foi tema de várias pesquisas (ARONS, 1990; FISCHLER; LICHTFELDT, 1992; GIL; SOLBES, 1993; TERRAZZAN, 1994), mas os resultados obtidos em suas implementações ainda têm deixado margem à discussão (REZENDE JR, 2001). Outro ponto, também enfatizado em trabalhos acerca do tema, é a formação deficitária dos professores referente a esses conceitos.

Ainda assim, já é possível observar indicativos de mudança, algumas diretamente ligadas a alterações estruturais na formação inicial⁷ de professores de Física. Mas tais mudanças ainda são tímidas. E quando se trata de questões envolvendo a formação inicial, historicamente é sabido que os resultados se dão a médio-longo prazo, porém há necessidades imediatas a serem tratadas.

⁷ Posteriormente serão apresentadas mudanças detectadas na estrutura curricular referentes a este tema em cursos de formação inicial de professores de Física em Instituições de Ensino Superior no Brasil.

O exemplo a seguir pode ilustrar o que se entende por necessidades imediatas. Recentemente (2005) a Secretaria de Estado da Educação e Inovação de Santa Catarina realizou concurso público para a contratação de docentes a fim de recompor seu deficitário quadro de pessoal⁸. Na prova específica para pretensos ingressos na disciplina Física – Ensino Médio, que era composta por 20 questões, pelo menos cinco delas tangiam elementos de FMC. Em que pesem as críticas sobre a qualidade e o objetivo das questões, um alerta foi dado, o qual é esperado que se sustente: Os professores (nesse caso, os ingressantes na carreira) devem começar a considerar a Física do século XX!!!

Porém, o resultado final do referido concurso pode dar margem ainda a várias interpretações. Dentre as 479 vagas disponíveis em todo o estado (número que não supriria totalmente o quadro deficitário do magistério da rede estadual de Ensino Médio), houve 1010 inscritos⁹, dois quais 933 apresentaram-se para a realização das provas, sendo que, somente 77 deles foram aprovados¹⁰, ou seja, 7,62%. Em uma análise à tabela disponibilizada com os dados referentes ao concurso, ainda observa-se que nas regiões de Florianópolis e Joinville, onde se encontram os cursos formadores de licenciados do estado, o número de inscritos perfez 28,51%, onde também se concentrou o maior índice de aproveitamento sendo 18,68% para os inscritos em Florianópolis e 14,15% para Joinville.

O resultado de classificação de apenas 7,62% dos inscritos deixa evidente algum tipo de deficiência na formação inicial dos professores. No que tange a característica da prova, Westphal (2005) ao realizar uma análise, relata:

Inicialmente, deve-se entender que a prova foi bastante conceitual, apesar da presença de alguns problemas numéricos e de cobranças matematizadas. Parece ter se afastado do paradigma tradicional que padroniza o ensino no nível médio e que é, ano a ano, alimentado pela formatação dada pelas provas vestibulares.

A prova abordou conceitualmente tópicos muito presentes no Ensino Médio, como, por exemplo, questões de Mecânica Newtoniana, porém os apresentou de forma mais elegante e sofisticada, como é de se esperar quando se trata de um processo avaliativo de licenciandos em Física. Ao mesmo tempo, cobrou tópicos que, pela falta de tempo, raramente são apresentadas no Ensino Médio, como, por exemplo, conceitos de Teoria Eletromagnética, de Física Moderna ou da Teoria Quântica. (WESTPHAL *et al* 2005).

⁸ Uma análise detalhada do referido concurso encontra-se em Westphal, M. et al 2005.

⁹ A habilitação exigida para exercício do cargo de professor foi a Licenciatura Plena, correlata à disciplina pretendida pelo candidato.

¹⁰ Disponível em

http://www.concursosed.ufsc.br/sed2005_01/relatorios/estatistica%20por%20disciplina%20GEREI.pdf

Ao finalizar sua análise, Westphal *et al* (2005) argumenta que talvez os baixos índices de aprovação tendam a revelar um descompasso entre o processo formativo e o que constituiu a temática e o estilo da prova, estando essas, condizentes com a atual legislação do EM.

Ainda nesse restrito universo de aprovações, deve-se considerar que alguns dos aprovados não poderão assumir suas funções, visto que são alunos de graduação e que necessitam primeiramente cumprir suas obrigações acadêmicas para a obtenção do título de licenciado em Física, antes do ingresso oficial na carreira.

Agregando os dados acima ao que foi exposto anteriormente, privilegiar a introdução da FMC se dá para além do conteúdo específico, metodologias mais adequadas, e da legislação vigente pois, primeiramente devem-se considerar as características diferenciadas do objeto da FMC e suas peculiaridades para sua compreensão/entendimento. A utilização das palavras compreensão/entendimento é propícia para trazer à tona uma outra lacuna no Ensino de Física: A construção de modelos.

Na Ciência/Física, os modelos desempenham um papel fundamental na construção do conhecimento e apesar de discutível sobre uma definição consensual, sua função no exercício de pensar sobre o mundo é inegável. O conhecimento físico, particularmente, é constituído por teorias, que permitem a elaboração de modelos.

Esta certeza tem motivado diversos estudos na área de Ensino de Ciências (PINHEIRO, 1996; PIETROCOLA, 1999; PIETROCOLA; ZYLBERSZTAJN, 1999; BORGES, 1999), que indicam a dificuldade apresentada por estudantes quando elaboram modelos sobre fenômenos físicos. Este tipo de resultado parece dizer que as atividades escolares de educação científica não ensinam a modelizar fenômenos, talvez reflexo da longa tradição “bacharelesca” de continuidade acadêmica na formação de professores.

Recentemente, várias pesquisas têm enfatizado a incorporação da construção de modelos em estratégias didáticas (MOREIRA, 1996; KRAPAS *et al*, 1997; CUSTÓDIO; PIETROCOLA, 2002), pois os modelos são elementos fundamentais na apreensão conceitual do mundo físico e na elaboração de explicações sobre ele; funções, relacionadas com a elaboração do pensamento, tanto em cientistas, quanto em indivíduos leigos.

A importância da reflexão sobre modelos e sobre o processo de modelização é salientada por Martinand (1986), principalmente porque esta pode ser uma via de acesso por meio da qual podem resultar transformações nos conteúdos de ensino. Também assinala que é preciso conhecer como os alunos modelizam espontaneamente ou como eles fazem para se

apropriar de um modelo. Julga necessário ainda conjugar os seguintes aspectos: uma análise epistemológica do problema, a preparação, a execução e a avaliação de ensaios didáticos em sala e a observação precisa da caminhada de grupos de alunos.

Oriundos da Psicologia Cognitiva, os modelos mentais têm apoiado significativamente a pesquisa em Ensino de Física. Mas se de um lado parece não haver mais dúvidas quanto às contribuições da Psicologia cognitiva à compreensão dos processos de aprendizagem e instrução, de outro há falta de trabalhos de pesquisa concernentes às especificidades, por exemplo, da FMC.

Os estudos da Psicologia Cognitiva podem fornecer elementos teóricos para descrever as representações mentais e os processos que subjazem ao desempenho dos peritos em uma área de conhecimento em particular. Partindo do pressuposto que estes processos e representações podem ser compreendidos, emanam facilmente vários questionamentos com implicações educacionais, dentre eles, se é possível projetar metodologias que facilitem sua construção, ou se especificidades do conhecimento podem ser relevadas.

A abertura dessas possibilidades conjuntamente a uma insatisfação pela falta de resultados (DUIT, 1993) da corrente das Concepções Alternativas e da mudança conceitual¹¹ contribuiu para aumentar o interesse de pesquisadores em Ensino de Ciências/Física pelos construtos teóricos da Psicologia Cognitiva com as quais se procura descrever as representações internas que as pessoas elaboram seu conhecimento sobre o mundo.

Retomando a problemática, advogaremos que no intuito de prover aos alunos da Educação Básica uma intuição educada¹² sobre a FMC, a mesma não poderá ser tratada sem considerar a formação docente, ou pensando-se isoladamente em material didático ou metodologias, sem considerar as especificidades destes conceitos e dos aspectos subjacentes à cognição, visto que se apóiam em pressupostos epistemológicos diferentes, dos quais decorrem de que o objeto quântico possui uma natureza conceitual diferenciada daquela do objeto clássico, diferenças estas que aparecem tanto na linguagem matemática, quanto nas perguntas diferentes que redefinem o objeto como um ente quântico. A tentativa de enquadrá-los nos moldes didático-metodológicos tradicionais contribuirá para um estrangulamento ainda maior do Ensino de Física no Brasil, sem, contudo, tocar na parte mais sensível que foi exposta acima. Isso implica em rever não só o que ensinar, mas também a concepção de Ensino de Ciência e de Ciência.

¹¹ Pelo menos nas versões de Posner (1982) e do conflito cognitivo (NUSSBAUM, 1989).

¹² Termo utilizado pelo Prof. Frederico Firmo de Souza Cruz em conversa informal.

Nesse sentido, parte do trabalho de tese consistirá em fundamentar teoricamente que uma mudança de postura frente aos objetos da FMC é obrigatória e que a tentativa de seu enquadramento em transposições “tradicionais” pode levar à consequências desastrosas. Conjuntamente, serão incorporadas contribuições da Psicologia para uma reflexão sobre as perspectivas de licenciandos em situações de ensino diferenciadas, onde ser aluno/professor se compactuam.

Ainda que os dados coletados referentes à FMC sejam escassos (por motivos que serão justificados a seguir), é esperado que através dos exemplares ilustrados, seja possível considerar como situações diferenciadas podem estimular a aprendizagem de licenciandos e de como tal diferenciação pode caracterizar-se como uma necessidade para a formação (profissional e cognitiva) para conteúdos mais específicos, como os referentes à FMC.

CAPÍTULO I

A FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NA ESCOLA MÉDIA: CONTEXTO GERAL

1.1 INTRODUÇÃO

Qual é o papel da escola na constituição de uma sociedade? Qual é o papel da Física na escola?

Os fenômenos físicos estão entre o variado universo de experiências as quais as crianças convivem nos primeiros anos de suas vidas. Elas vivenciam o mundo naturalmente e, de modo curioso, observam a água escorrer-lhes pelas mãos, tentam distinguir, pelos sentidos mais primitivos, os corpos quentes dos corpos frios, lançam objetos para cima e acompanham o seu sobe e desce, e tudo o mais. Com essas atitudes, aprendem a explorar e se maravilham, ainda que de forma inconsciente, o mundo que as cerca, esse complexo e fascinante ambiente que nos envolve.

No ambiente escolar, a Física tem um propósito muito semelhante: fornecer elementos para que os alunos possam interagir com esse mundo que nos circunda, entender qual é a razão dos objetos caírem ao invés de ficarem flutuando no ar, como chegam as informações pelo rádio, ou simplesmente se maravilhar com a formação de um arco-íris e reconhecê-lo como uma obra prima da natureza. Isto, e tudo mais, nos ajuda a sentir que somos partes, e não somente habitantes, desse fascinante mundo em que vivemos.

E realmente os objetivos da Física escolar, pelo menos em um âmbito legal, estão muito próximos daqueles que apresentamos acima.

Incorporado à cultura e integrado como instrumento tecnológico, esse conhecimento tornou-se indispensável à formação da cidadania contemporânea. Espera-se que o Ensino de Física, na escola média, contribua para a formação de uma cultura científica efetiva, que permita ao indivíduo a interpretação dos fatos, fenômenos e processos naturais, situando e dimensionando a interação do ser humano com a natureza como parte da própria natureza em transformação (Brasil, 1999).

Mas, o que acontece na escola? Ou, que tipo de transformação ocorre neste ambiente para justificar tamanho desinteresse e aversão à tão magnífico conhecimento e forma de expressão? Será que aquelas crianças que observavam fascinadas os pontinhos brilhantes no céu não têm mais interesse por isso depois que vão para a escola? Ou será que agora o fato de olhar as estrelas seja coisa de criança?

Assim como acontece durante toda a vida, na escola, desde muito cedo, as crianças se deparam com inúmeras “dificuldades” no mundo que as cerca. Tarefas simples como caminhar apoiada, ou mesmo a procura de um brinquedo requerem a construção de representações sobre as outras pessoas, o mundo e elas mesmas. A necessidade de tais representações é inicialmente vinculada à própria necessidade de sobrevivência do indivíduo, ou seja, sem elas fatalmente qualquer expectativa de sobrevivência se inviabilizaria. Por outro lado, o homem sempre buscou representar a realidade guiada pelo desejo de entendê-la, não somente a fim de aliviar o peso devido a enorme diversidade de ocorrências no mundo que o envolve, e que dificultam sua existência, mas também impulsionado pela mera possibilidade de agregar o novo à sua bagagem de conhecimento.

Tal explanação obviamente não responde às perguntas colocadas no início desse capítulo, muito menos dá indícios sobre o que se passa no ambiente escolar, para justificar os deploráveis índices de Alfabetização Científica, profundamente contraditórios com os avanços dessa mesma Ciência.

Na investigação científica, uma das motivações fundamentais do homem reside simplesmente em sua curiosidade intelectual, em seu desejo profundo e persistente de chegar a compreender o mundo em que habita (HEMPEL, 1979).

Sabe-se também que as pessoas são fortemente sensibilizadas pelo prazer, mas ao que parece, o desejo de compreender pouco é reconhecido nas aulas de Ciências, uma vez que incessantemente os alunos se deparam com problemas trazidos pelos professores, que fazem pouco sentido para eles, gerando um grande desinteresse sobre as aulas de Ciências e em particular de Física (PIETROCOLA et. al., 1999). Como estariam distribuídos os elétrons do átomo de césio em seus níveis de energia, ou as flechas indicando o sentido do *spin*, dentre outros exemplos, são destituídos de qualquer potencial relativo ao interesse dos alunos, pois são conteúdos que em seu tempo instigaram os cientistas a investigá-los, quando o foram, mas da forma que são apresentados não acrescentam instrumentos que permitam aos alunos interagir efetivamente com o mundo e, pior, acabam por acentuar a dicotomia entre a Ciência escolar, ligada aos problemas artificiais dos Livros Didáticos (LD) e exemplos de sala de aula, e a ciência extra-escolar, na qual pouco atuam os conceitos ensinados na escola e imperam idéias intuitivas (ZYLBERSTAJN, 1983; CUSTÓDIO; PIETROCOLA, 2002).

Há, portanto, dificuldades iminentes ao se tentar implantar um Ensino de Ciências pautado na perspectiva dos documentos legais, principalmente em virtude do contato restrito das disciplinas científicas com o mundo que circunda o indivíduo ou, em outras palavras, a

incursão exagerada das disciplinas científicas em conteúdos específicos que pouco diz sobre o mundo real.

Compreender os fenômenos exige uma aproximação com a natureza, para que se possa interpretá-la de maneira mais íntima, visando o estabelecimento de uma convivência harmoniosa. Mas enquanto a Ciência procura estabelecer elos cada vez mais próximos com a natureza, parece que o Ensino de Ciências encontra dificuldades em cumprir seu papel.

Curiosamente enquanto a Ciência mantém-se como o empreendimento humano mais bem sucedido da modernidade, o Ensino de Ciências apesar dos esforços realizados, atravessa uma crise que ao que parece não encontra justificção na Ciência em si. Antes disso, parece ter na educação científica, tal como tem sido realizada, a responsável pela baixa qualidade das aulas e pela conseqüente aversão e distanciamento dos alunos, bem como o número cada vez menor de professores qualificados na área (MATTHEWS 1995, p.106).

Ao que parece, a comunidade de ensino está tratando de uma situação paradoxal. Enquanto a Ciência tem tido sucessos no entendimento do real por caminho de abstrações sucessivas, isto é, um conhecimento científico (principalmente em Física) caracterizado por um profundo processo de abstração, onde o caminho do mundo real ao estabelecimento do conhecimento científico é longo e envolve modelizações, abstrações e aproximações, até se chegar a uma síntese, que é o conhecimento estabelecido, tem-se por outro lado um ensino que usualmente ignora esse processo, onde aparece somente com os exitosos resultados finais.

Existe, portanto, uma distância¹³ entre a natureza, seus modelos de interpretações e o que ensinamos de Física na escola. Mas esta distância tem implicações educacionais profundas e está intimamente vinculada aos problemas citados acima. Assumiremos aqui que são estes problemas que devem ser enfrentados quando lidamos com a distância sentida pelo aluno entre o conhecimento físico e o mundo que o cerca. Entendemos aqui que esta distância não pode ser diminuída simplesmente trazendo “coisas” do mundo real para dentro da sala de aula, assim como não pode ser resolvida simplesmente dando seqüência à tradição de dar ao aluno apenas o resultado final de todo o processo de abstração e construção da Ciência.

Mas como levar as perspectivas de mudanças apregoadas pelos princípios de uma formação científica básica ao seu objetivo final: a aprendizagem dos alunos?

Documentos obviamente carregam intenções, mas é preciso muito mais que isto para promover uma reforma que privilegie uma concepção tão ampla. Vontade política, aplicação de recursos e pesquisas específicas permeiam o universo de necessidades, dentre outros.

¹³ Entendida aqui como ausência do processo da elaboração do conhecimento científico.

Em tempos recentes, um grande esforço tem sido despendido pela comunidade de ensino a fim de contribuir para a melhoria da Física Escolar, nos diversos campos que compõem a esfera educacional. Mas não é preciso recorrer a amplas revisões, munidas de extensas citações, para enunciar que uma Física amparada em intermináveis seqüências de pré-requisitos, no acúmulo de informações desconexas e totalmente desvinculadas do nosso mundo não colabora em muito para a aprendizagem e o despertar do interesse dos alunos.

Quem são os agentes que podem reverter este processo de esvaziamento do interesse pelas Ciências da Natureza? O Presidente da República? O Ministro da Educação? A Secretária de Educação Regional? A Diretora da Escola? O Bibliotecário?

Sem pudores, admitimos que todos os elementos citados acima influenciam de forma significativa, mas o agente imediato, o mais próximo, o que inspirará confiança, o que poderá estimular as crianças e jovens diante das adversidades é o professor. Cabe a ele prover meios de auxiliar o aluno a adentrar no mundo das Ciências¹⁴, primeiramente porque estamos partindo do pressuposto que a Ciência/Física é para todos, e também porque tal conhecimento nos faz sentir participativos no complexo mundo em que vivemos, não somente no aspecto pragmático ou utilitário, mas também como componente da cultura contemporânea.

O desafio de propiciar o saber científico ao público escolar é uma tarefa grandiosa, e tal meta só pode ser imaginada quando se coloca em foco a figura do educador em Ciências e a sua respectiva formação. O professor de Ciências/Física precisa estar preparado para tal, ter domínio das teorias científicas e suas implicações. Porém, esta é uma condição necessária, mas não suficiente. Compartilhamos da idéia de Delizoicov et al (2002).

A atuação profissional dos professores das Ciências no Ensino Fundamental e médio, do mesmo modo que a de seus formadores, constitui um conjunto de saberes e práticas que não se reduzem a um competente domínio dos procedimentos, conceituações, modelos e teorias científicas (DELIZOICOV *et al*, 2002, p.31-32)

Não obstante, e até onde pesem as responsabilidades sobre os professores, é preciso reiterar que as exigências sobre os docentes de Ciências são variadas e extensas, pois além da competência na sua respectiva área (que não são poucas, nem triviais), ainda exige-se um conjunto de saberes e práticas que extrapolam este conhecimento.

Nesse sentido, o problema do Ensino de Ciências é extremamente amplo e complexo. Toca em áreas que transcendem as formas de expressão ou as idéias e formas de modelização. Contribuições da Didática, Psicologia, Antropologia, Filosofia, e outras áreas têm sido

¹⁴ Uma Ciência/Física viva, constituída pela atividade humana e componente da cultura contemporânea.

incorporadas e discutidas visando o sucesso e o desenvolvimento do Ensino das Ciências da Natureza. Mas como em qualquer análise, esta realizará um recorte: argüir sobre o papel de situações diferenciadas no período de formação inicial de professores de Física, no intuito de munir os licenciandos com elementos teórico-reflexivos e prático-educacionais, para que os mesmos tenham a oportunidade de possibilitar aos alunos da educação básica uma intuição educada sobre essa temática.

1.2 O ENSINO DE FÍSICA E SUAS PRERROGATIVAS LEGAIS.

Em dezembro de 1996, com a promulgação da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB/96), temos o estabelecimento legal de que o novo EM deve ser etapa conclusiva da Educação Básica onde “*os currículos do Ensino Fundamental e médio devem ter uma base nacional comum, a ser complementada em cada sistema de ensino e estabelecimento escolar, por uma parte diversificada exigida pelas características regionais e locais da sociedade, da cultura, da economia e clientela*” (BRASIL, 1996, artigo 26¹⁵ da LDB/96).

Apesar de não ser ainda uma realidade na escola, a LDB/96 estabelece que a formação a ser desenvolvida no âmbito escolar deve promover a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, conjuntamente com a preparação básica para o trabalho¹⁶ e a cidadania do educando como pessoa.

Art 35. O Ensino Médio, etapa final da educação básica, com duração mínima de três anos, terá como finalidades:

I – a consolidação e o aprofundamento dos conhecimentos adquiridos no Ensino Fundamental, possibilitando o prosseguimento de estudos;

II – a preparação básica para o trabalho e a cidadania do educando, para continuar aprendendo, de modo a ser capaz de se adaptar com flexibilidade a novas condições de ocupação ou aperfeiçoamento posteriores;

III – o aprimoramento do educando como pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico;

IV – A compreensão dos fundamentos científicos-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina.

Mas antes de adentrarmos nos incisos legislativos, cabe discutirmos alguns dos pressupostos básicos das DCNEM, que pelo fato de traduzirem (de uma linguagem técnica-legislativa para uma linguagem educacional) os princípios da LDB/96, acabaram por conferir um caráter de obrigatoriedade à mesma. Por esse fato, nas DCNEM aparecem termos como aprender a aprender, contextualização, competências, interdisciplinaridade, dentre outros;

¹⁵ Parecer CEB, nº 15, Ministério da Educação e do Desporto, Conselho Nacional de Educação.

¹⁶ Como qualquer Lei, a LDB acabou por incorporar tendências da época de sua promulgação, carregando a ênfase na preparação para o mercado de trabalho, visto as cobranças da população por ações do governo. (Art 35, inciso II, LDB, 1996)

termos que propiciam uma variedade de interpretações e que podem, pela sua rasa compreensão, gerar dificuldades na implementação de propostas¹⁷ significativas.

Os termos acima citados têm causado muita discussão pela sua falta de clareza e definição. A noção de competências, por exemplo, aparece no Inciso IV, Art. 9 da LDB/96, mas é nas DCNEM que assume a condição de novo perfil para o currículo “*apoiado em competências básicas para a inserção de nossos jovens na vida adulta*” (Brasil, 1999). Neste caso, a noção de competência está mais ligada a um saber-fazer, ainda que se incluam competências que envolvam a tomada de atitude e emissão de juízo de valor. Aliás, nas Matrizes Curriculares de Referência do Sistema de Avaliação da Educação Básica (SAEB) há uma definição formal de competências, porém mais ligada ao campo cognitivo.

Outro termo que também tem deixado margem à discussão é o de interdisciplinaridade. As DCNEM apontam que:

Na perspectiva escolar, a interdisciplinaridade não tem a pretensão de criar novas disciplinas ou saberes, mas de utilizar os conhecimentos das várias disciplinas para resolver um problema concreto ou compreender um determinado fenômeno sob diferentes pontos de vista. Em suma, a interdisciplinaridade tem uma função instrumental. Trata-se de recorrer a um saber diretamente útil e utilizável para responder às questões e aos problemas sociais contemporâneos (BRASIL, 1999, p.34).

No decorrer das DCNEM, a noção de interdisciplinaridade assume um caráter amplo, abrangendo tanto aspectos pedagógicos como cognitivos, didáticos e relacionais. Este último, para possibilitar uma análise não sectária da sociedade.

Contextualização apresenta-se nas DCNEM associada à busca de significado para o conhecimento escolar, pois para este documento, há um distanciamento entre os conteúdos disciplinares e a experiência dos alunos, e esta precisa ser superada. Há ainda um entendimento por parte das DCNEM relativo a contextualização quanto à possibilidade de ampliar a interação¹⁸ entre as disciplinas. Em outro momento, contextualizar significaria admitir uma relação entre sujeito e objeto em todo processo de conhecimento.

Neste sentido, as críticas advindas dos mais variados campos às DCNEM, especialmente quanto à posição de submissão ao mundo do trabalho, por exemplo, ao afirmar que as Tecnologias, tanto as associadas às linguagens quanto as associadas à Ciência só poderiam ser aprendidas significativamente se “*contextualizadas no trabalho*” (BRASIL, 1999, p.93), deixam margem a várias interpretações. Tal fato pode ser observado nos

¹⁷ Para análise detalhada e reflexos no ensino das Ciências, ver Ricardo (2005).

¹⁸ Esta posição sugere conflitos entre contextualizar e a interdisciplinaridade, mas não trataremos aqui de conceitualizar ou divergir idéias.

Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), onde os fundamentos das DCNEM estão presentes em cada disciplina, mas variam em função das especificidades das áreas e da interpretação dada as DCNEM.

Tanto os PCN como os Parâmetros Curriculares Nacionais: Orientações Educacionais Complementares aos PCN, denominado de PCN+, tiveram como base a LDB/1996 e DCNEM, e surgiram no intuito de oferecer subsídios para o trabalho a ser realizado nas escolas, mais especificamente nas disciplinas. Os PCN são compostos pelos próprios Parâmetros Curriculares, da resolução 03/98 do CEB/CNE que estabelece as DCNEM e da LDB/96, assim muitas críticas feitas aos PCN deveriam ser, na verdade, dirigidas as DCNEM. Da mesma maneira, muitas críticas feitas as DCNEM, ao serem transpostas aos PCN deveriam ser feitas de modo judicioso, pois estão contidas em áreas específicas.

Os PCN+ (2002), documento complementar aos PCN, constituem um avanço significativo principalmente no subsídio aos professores para a implementação da reforma da escola média, sendo seu objetivo geral o de:

Facilitar a organização do trabalho da escola, em termos dessa área de conhecimento. Para isso, explicita a articulação das competências gerais que se deseja promover com os conhecimentos disciplinares e apresentar um conjunto de sugestões de práticas educativas e de organização dos currículos que, coerentemente com tal articulação, estabelece temas estruturadores do ensino disciplinar na área (BRASIL, 2002, p.7)

Remetendo-nos ao Ensino de Física, os PCN+ procuram dar uma nova orientação: *“trata-se de construir uma visão da Física voltada para a formação do cidadão contemporâneo, atuante e solidário, com instrumentos para compreender, intervir e participar na realidade.”* (Brasil, 2002, p.59), ao mesmo tempo em que reconhece que os professores de Física *“têm se sentido perdidos, sem os instrumentos necessários para as novas tarefas, sem orientações mais concretas em relação ao que fazer.”* (ibid, p.60).

Os PCN, como os PCN+, têm como objetivo fornecer subsídios aos professores em suas respectivas áreas, no intuito de reorientar o ensino, que deixaria de ser centrado exclusivamente no conhecimento e almejava a construção de competências e habilidades. Mas parece haver, entre outros pontos, grandes limitações, pois quase dez anos após a aprovação da Lei 9394 (Lei Darcy Ribeiro), pouco se tem constatado em termos de mudanças. Tal observação é destacada por Ricardo e Zylbersztajn (2003).

No entanto, embora esses documentos ofereçam subsídios aos professores para a implementação da proposta de reforma neles contida, ainda parece haver uma distância entre o que está proposto e a prática escolar, cuja superação tem se mostrado difícil. Essas dificuldades vão desde problemas com a formação inicial e continuada, à pouca disponibilidade de materiais didático-pedagógicos

que estejam em consonância com os fundamentos da proposta de reforma; desde a estrutura verticalizada dos sistemas de ensino, à incompreensão dos pressupostos da lei, das Diretrizes Curriculares e dos Parâmetros (RICARDO; ZYLBERZTAJN, p.2, 2003).

Conforme ressaltado, faltam aos docentes subsídios para uma interpretação crítica das bases legais da educação nacional, o que desencadeia um desencontro no sistema educacional, estigmatizando ainda mais a relação “teoria-prática”, que em um sentido realista pode ser traduzido como: *o que está no papel é uma coisa, mas na sala de aula a realidade é outra*¹⁹.

Em relação aos documentos, uma das diferenciações dos PCN+ é a proposição de abordagens temáticas, onde orientam sobre a necessidade de clareza dos objetivos educacionais do trabalho pedagógico orientado por competências, a fim de não reduzir os temas ao tratamento dos conteúdos disciplinares específicos. Para a Física são sugeridos os temas abaixo, sendo que cada um é subdividido em unidades temáticas:

- TEMA1: Movimentos, variações e conservação (unidades temáticas: fenomenologia cotidiana, variação e conservação de quantidade de movimento, energia e potência associadas ao movimento, equilíbrios e desequilíbrios)
- TEMA2: Calor, ambiente e uso de energia (unidades temáticas: fontes e trocas de calor, Tecnologias que usam calor: motores e refrigeradores, o calor na vida e no ambiente, energia: produção para uso social)
- TEMA3: Som, imagem e informação (unidades temáticas: fontes sonoras, formação e detecção de imagens, gravação e reprodução de sons e imagens, transmissão de sons e imagens)
- TEMA4: Equipamentos elétricos e telecomunicações (unidades temáticas: aparelhos elétricos, motores elétricos, geradores, emissores e receptores)
- TEMA5: Matéria e Radiação (unidades temáticas: matéria e suas propriedades, radiação e suas interações, energia nuclear e radioatividade, eletrônica e informática)
- TEMA6: Universo, Terra e Vida (unidades temáticas: Terra e sistema solar, o Universo e sua origem, compreensão humana do universo).

A intenção das unidades temáticas descritas acima é, segundo os PCN+, oferecer subsídios para a organização não só de conteúdos, mas também em associar os conhecimentos com vista aos objetivos gerais esperados.

É importante ressaltar, nesse documento, a aproximação com a concepção do GREF e dos PCN. Mas como já mencionado anteriormente, a implantação dos PCN e PCN+, que sugerem mudanças significativas para a orientação do trabalho pedagógico e da organização da escola, não se efetivou satisfatoriamente em virtude de fatores que transcendem o educacional, como o político e o operacional. Nas palavras do Secretário de Educação Básica

¹⁹ Depoimento de um professor (Rede Pública Estadual do Estado do Paraná) durante um mini-curso no Simpósio Nacional de Ensino de Física – 2003, Curitiba - PR.

– MEC, Francisco das Chagas Fernandes²⁰, tal reforma não se deu, pois não se conseguiu “aprofundar uma análise consistente que permitisse esclarecer e orientar as escolas, bem como, promover o estudo do documento e discutir as possibilidades didático-pedagógicas, por ela apresentadas, junto ao professor na execução de sua prática docente”.

Buscando contornar esses percalços, no final de 2004 o MEC publicou e trouxe para a discussão, textos desenvolvidos por professores atuantes na área de formação docente no intuito de subsidiar reformulações/adaptações necessárias, apresentado-os em seminários regionais. Da releitura sobre os documentos (PCN, PCN+, DCNEM, LDB/96) originou-se as Orientações Curriculares do Ensino Médio (2004)²¹. Nessas orientações são sugeridas reflexões sobre os conteúdos, como também as práticas escolares num sentido mais amplo.

A constituição de um cidadão contemporâneo, capaz de compreender seu mundo, dificilmente ocorrerá por meio de conteúdos envelhecidos didaticamente, cujo ensino persiste muito mais “consagrado pelo uso” do que por sua pertinência na formação geral do aluno. Ou seja, há necessidade de rever os conteúdos a ensinar, mas não só, uma vez que também as práticas escolares teriam que passar por constantes avaliações, reflexões e que resultassem em novas ações (BRASIL, 2004, p.194).

A continuidade do referido trabalho aconteceu durante o ano de 2005 e culminou com a divulgação das Orientações Curriculares para o Ensino Médio em 2006, uma proposta de possibilidade de compreensão para os pressupostos fundamentais presentes nas DCNEM, nos PCN e PCN+.

Contudo, documentos podem carregar intenções, mas se tornarão simplesmente “papéis oficiais” se, conjuntamente, não forem instituídas políticas públicas para dar suporte a tais iniciativas, que vislumbrem *a idéia de uma Física como cultura ampla e como cultura prática, assim como a idéia de uma Ciência a serviço da construção de visão de mundo e competências humanas mais gerais* (MENEZES, 2000, p.8).

²⁰ in BRASIL: Orientação Curriculares do Ensino Médio, MEC, 2004, p.6

²¹ Divulgado em <http://portal.mec.gov.br/seb/index.php?option=content&task=view&id=409&Itemid=395> acessado em 02/04/2005

1.3 O ENSINO DE FÍSICA E A FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA: JUSTIFICATIVAS E TENDÊNCIAS

Dos objetivos apregoados pela legislação educacional vigente, deve-se admitir no EM, independentemente da interpretação dada, a necessidade de contemplar alguns aspectos básicos dessa área do conhecimento humano chamada Física, permitindo não somente uma preparação para o Ensino Superior, mas também para uma intervenção mais crítica que permita aos alunos pensar e interpretar o mundo a sua volta.

O que se denomina por aspecto básico é constituído de um corpo de conhecimentos da Física que permite uma discussão mais ampla de aspectos específicos de Ciência e Tecnologia associados, visto que no mundo contemporâneo esses conhecimentos, quando contextualizados socialmente, tornam-se importantes tanto para a inserção do cidadão no mercado de trabalho quanto para uma melhor compreensão dos fenômenos da natureza e também dos artefatos tecnológicos que estão a sua volta. Acrescenta-se a isso o fato de que a Ciência esteve e está presente em decisões socialmente significativas, legitimando discursos. Se não a temos, no mínimo como ferramenta para negociações, não podemos sequer questionar, ou adquirir um posicionamento acerca de importantes decisões que nos envolvem.

Nesta compreensão, os conhecimentos científicos e tecnológicos, quando abordados de forma adequada na escola, devem dotar o indivíduo de um instrumental de pensamento e de leitura de mundo para que se interprete e se transforme a sociedade. Porém, aparentemente é no momento de cumprir esta função, de formação do homem-cidadão, que a escola atualmente entra em contradição, pois os conteúdos e metodologias adotados, na verdade não têm atendido às necessidades dos indivíduos, ou seja, capacitá-los a uma intervenção efetiva e ativa na sociedade contemporânea.

Incorpora-se também a ausência dos conhecimentos além da fronteira dos clássicos tradicionalmente desenvolvidos há várias décadas no EM, por exemplo, a Física e as Tecnologias desenvolvidas depois de 1900.

Para o Ensino Médio meramente propedêutico atual, disciplinas científicas, como a Física, têm omitido os desenvolvimentos realizados durante o século XX e tratam de maneira enciclopédica e excessivamente dedutiva os conteúdos tradicionais. Para uma educação com o sentido que se deseja imprimir, só uma permanente revisão do que será tratado nas disciplinas garantirá atualização com o avanço do conhecimento científico e, em parte, com sua incorporação tecnológica (BRASIL, 1999, p.209).

Neste sentido, atualmente não é mais necessário se remeter a extensas justificativas para conduzir uma discussão sobre a necessidade, em caráter emergencial, de dispor aos alunos que não seguirão carreiras científicas, elementos da Física do século XX. A inserção da FMC somente pelo conteúdo específico por si só já se justificaria, mas é necessário ressaltar que, a partir dele, é possível caracterizar um grandioso movimento da Física e da História da Ciência Moderna, com as tortuosas relações científicas entre os pares através de debates, das discussões, das evidências e contradições experimentais e de todas as controvérsias geradas, bem como um movimento histórico-científico que trouxe profundas modificações na maneira de ver o mundo. Porém, é ainda merecedor de discussões o que se pretende com essa “nova” Física.

Como qualquer outra manifestação científica, a FMC no EM também não se justifica somente dentro das perspectivas de atualização curricular, mas porque se entende que a Física é parte da cultura contemporânea. A Física Moderna não traz em seu âmbito apenas o conteúdo de Física ou de mais uma disciplina do currículo escolar. Ela carrega em sua essência, assim como qualquer outra área do conhecimento humano, as características de um momento histórico e social que permeia toda forma de manifestação com componentes de tradição e revolução. No sentido de uma atualização, as Ciências Naturais caracterizam-se não somente como um produto “da natureza”, mas sim uma elaboração humana, com História, portanto parte da cultura em contínua elaboração.

No âmbito justificacional, vários trabalhos elaborados têm indicado os benefícios da presença de elementos de FMC em espaços variados (TERRAZZAN, 1994; ALVETTI, 1999; GRECA, 2000), inclusive tem sido apresentada por autores como instrumento motivador para a escolha por carreiras científicas (STANNARD, 1990; KALMUS, 1992; WILSON, 1992). Porém, independentemente da opção dos alunos quanto ao seu futuro profissional, e para além daqueles que terão a oportunidade de se aprofundarem e se especializarem, é necessário voltar nossa preocupação para a Física escolar, pois é nesse espaço, e talvez o único, onde ela é formalmente acessada, e onde se definirão os contornos nos quais se dará o contato dos indivíduos com o mundo da Física.

Mas conforme ressaltado anteriormente, o problema da inserção da FMC no ensino brasileiro não se restringe à adição de conteúdos mais atuais de Física, e se fosse, sem dúvida, seria dos menores. Existem vários outros fatores a serem considerados, sendo que é necessário, antes de tudo o mais, estar atento à natureza diferenciada destes novos conteúdos e aos seus objetivos, conforme já salientamos anteriormente.

Ainda que merecedora de críticas pontuais, as diretrizes educacionais brasileiras formalizadas nas DCNEM, PCN e PCN+ constituíram-se como um grande avanço, porém reafirma-se aqui que não se trata simplesmente de incorporar conteúdos da Física do século XX nos já inchados currículos escolares e LD, pois uma mera adição de conteúdos dentro da tradicional axiomatização da Física dos LD, claramente não privilegiará os objetivos enunciados de uma Ciência Escolar voltada a formação do cidadão contemporâneo.

Nesse sentido, era de se esperar que a Física na escola ajudasse a promover essa inclusão científica básica, não somente para aqueles que irão seguir seus estudos específicos em Física, mas para todos aqueles que terão, em sua grande maioria, o espaço escolar médio como terminal. Isto parece não estar ocorrendo.

1.4 A FÍSICA COMO CULTURA CONTEMPORÂNEA

Finalmente, posso acrescentar que o propósito principal do meu ensino não foi prepará-los para alguma prova – também não foi prepará-los para servir à indústria ou aos militares. O que mais queria era lhes dar alguma apreciação do maravilhoso mundo e do modo como o físico o olha, que, eu acredito **ser uma parte maior da verdadeira cultura dos tempos modernos** (provavelmente existem professores de outras matérias que objetariam, porém acredito que eles estejam completamente errados). Talvez vocês não irão apenas ter alguma apreciação dessa cultura; é possível que queiram se juntar na maior aventura que a mente humana já começou. (Feynmann, *Lecture on Physics*, epílogo. grifo meu)

Assim termina, com um convite, o epílogo da consagrada obra *Lectures on Physics* de Richard Feynmann, Prêmio Nobel de Física em 1965 juntamente com Schwinger e Tomonaga pelos trabalhos em Eletrodinâmica Quântica.

A citação acima é providencial. Primeiramente por se tratar de uma reflexão de um dos grandes gênios (ou um “mágico” segundo depoimentos de Físicos e Matemáticos sobre a versatilidade conceitual de R. Feynmann) da Física Contemporânea. Segundo, por enfatizar de forma explícita a Física como parte viva da cultura moderna. E complementando, deixa sua impressão sobre a opinião de colegas professores referente a este assunto.

Aproveitando a seqüência inspiradora da citação de Feynmann, que apesar de não ser fruto de uma pesquisa específica sugere uma profunda reflexão, serão dedicados alguns parágrafos a fim de caracterizar a Física como elemento da cultura contemporânea e também sobre a aparente dificuldade de tal reconhecimento por professores (inclusive de Ciências). Apesar da tentativa de uma separação para fins de organização, as implicações são mútuas e nem sempre será possível prover tal divisão.

Temos uma questão: Quais são os elementos que compõem a cultura contemporânea? Em um sentido limitado e não muito rigoroso, poderíamos mencionar a Música, as Letras ou as Artes; expressões do intelecto humano sem qualquer interesse imediato.

Cabe registrar, sem rodeios, a dificuldade da grande maioria dos docentes no enfrentamento desse desafio. Se solicitarmos exemplos de manifestações e produções culturais certamente serão citados: música, teatro, pintura, literatura, cinema... A possibilidade de a Ciência e a Tecnologia estarem explicitamente presentes numa lista dessa natureza é muito remota (DELIZOICOV et al, 2002, p. 34).

De maneira equivocada, como já advertia Feynmann, este magnífico empreendimento científico não foi recebido, em épocas²², com o status de propriedade cultural da humanidade. Atualmente, sua condição como parte da cultura contemporânea não deixa margem à

²² Como exemplo, ver AZEVEDO, F. A Cultura Brasileira p.27 – 47, Introdução (1996).

discussões, como também é indiscutível o status de sucesso da Física como construção do conhecimento humano.

A Ciência contemporânea, construída especialmente no mundo ocidental nos últimos três séculos, tornou-se uma cultura global como parte de um processo amplo e contraditório, de caráter também político e econômico, que promoveu ganhos e perdas culturais, progresso e miséria material, equívocos e conquistas materiais. De toda forma, ela se tornou um instrumento do pensar e do fazer de tal forma essencial, que privar qualquer sociedade atual da cultura científica é, em muitos aspectos, sentenciá-la a duradoura submissão econômica e provável degradação social e, porque não dizer, é também excluí-la de uma bela aventura do espírito humano (MENEZES *apud* CANATO, 2003, p.39).

Assim como nas Ciências Básicas e aplicadas, a Tecnologia modificou de maneira inigualável as culturas de forma geral.

A Tecnologia por meio de invenções históricas marcantes, como a do relógio, da imprensa e das máquinas a vapor e elétricas, modificou profundamente as culturas: o modo de ser, de perceber, produzir e viver das pessoas. Mesmo assim, há cinquenta anos era possível argumentar que esse empreendimento comprometido com os bens materiais da humanidade não se integrava a cultura (DELIZOICOV et al, 2002, p. 35).

E, quando se fala das potencialidades da Física, para além do seu apelo científico, tecnológico e social, mas também como um elemento também da cultura da humanidade, não se pode ignorar o fato de que ela está em contínua evolução. Não considerar suas conquistas e avanços no último século nos mais diversos campos, seria no mínimo, uma tentativa de demarcá-la como pronta e acabada.

Uma Física que hoje é responsável pelo atendimento de novas necessidades que surgem a cada dia, tornando-se cada vez mais básicas para o homem contemporâneo, um conjunto de conhecimentos que extrapola os limites da Ciência e da Tecnologia, influenciando outras formas do saber humano (PINTO; ZANETIC, 1999, p.7).

Contudo, a apresentação da Física como participante da cultura contemporânea ainda não é uma tônica no contexto real da sala de aula, visto que está fora do escopo tanto na formação usual dos professores de Física (TERRAZZAN, 1994) como pelos objetivos que definem o atual paradigma de ensino e também pela característica unidirecional de disposição e apresentação dos conteúdos nos livros didáticos.

Conforme lembrado na citação inicial Feynmann e também presente no livro de Delizoicov et al (2002) - ainda que em outro contexto histórico e social -, o não reconhecimento por professores, inclusive os de Ciências, e a falta de discussões específicas sobre esse tema durante a formação inicial, traz implicações profundas, pois primordialmente, a educação básica ainda é o único acesso a esse tipo de conhecimento a imensa maioria da população escolarizada.

O Ensino de Física, ou de qualquer outra área do conhecimento, que seja oferecido segundo uma única perspectiva, por exemplo, o formalismo (ou “formulismo”?) conceitual e a resolução de problemas, corre o risco de não conseguir estabelecer um diálogo profícuo com boa parte dos alunos. O conhecimento físico deve ser considerado como uma construção humana, pois a Física também é cultura (PINTO; ZANETIC, 1999, p.8).

A imediata necessidade de apresentar a Física como componente da cultura contemporânea também é contemplada nos documentos que compõem os Parâmetros Curriculares da Educação Básica

Incorporado à cultura e integrado como instrumento tecnológico, esse conhecimento tornou-se indispensável à formação da cidadania contemporânea. Espera-se que o Ensino de Física, na escola média, contribua para a formação de uma cultura científica efetiva, que permita ao indivíduo a interpretação dos fatos, fenômenos e processos naturais, situando e dimensionando a interação do ser humano com a natureza como parte da própria natureza em transformação (BRASIL, 1999).

Seus articuladores prosseguem, enfatizando também a necessidade do desenvolvimento de meios para a compreensão e interpretação dos fenômenos naturais concomitantemente a características sociais que permeiam toda e qualquer espécie de movimento científico.

Com esta compreensão, o aprendizado deve contribuir não só para o conhecimento técnico, mas também para uma cultura mais ampla, desenvolvendo meios para a interpretação de fatos naturais, a compreensão de procedimentos e equipamentos do cotidiano social e profissional, assim como para a articulação de uma visão do mundo natural e social (BRASIL, 1999).

Mas a preocupação ressaltada nos documentos em caracterizar a Física como cultura não é uma novidade. Zanetic (1989), dez anos antes da elaboração dos PCN, tratando da mesma questão, elucida-nos sobre o sentido que pode ser dado à Ciência Física dentro do contexto escolar, quando se posiciona sobre o consumo da Ciência enquanto cultura pela maioria das pessoas, ao mesmo tempo em que elas estão alienadas da sua presença real no cotidiano.

É preciso que a chamada ‘Física escolar’ dê uma visão a mais viva possível da Física enquanto parte integrante de uma cultura que precisa ser dominada para poder ser transformada em instrumento de intervenção na realidade que está aí (ZANETIC, 1989).

Tais considerações e iniciativas são merecedoras de discussões profundas, não somente no campo Antropológico, Filosófico ou Educacional, mas principalmente porque suas decorrências têm implicações sociais fundamentais.

Protagonista central das revoluções industriais e das guerras, tanto quanto dos debates filosóficos e políticos, a Ciência Contemporânea tornou-se parte da condição humana. A sociedade contemporânea pode estar sendo alcançada pelos resultados dessa cultura científica, na divisão internacional do trabalho, nos produtos e serviços de que dispõe no seu cotidiano ou mesmo nas armas de que se utiliza em seus conflitos e agressões, sem contudo estar preparada para conduzir práticas científicas ou sequer educadas para simplesmente acompanhar criticamente o desenvolvimento da Ciência e da Tecnologia (MENEZES, p.5, 2005).

As implicações sociais mencionadas acima se compõem, direta ou indiretamente na escola, e tem nela, a grande oportunidade de prover àqueles que irão compor o futuro de uma nação, uma formação cultural ampla, renovada e aberta, que caminhe no sentido de um conhecimento histórico, crítico e socialmente determinado, principalmente ao incluir o conhecimento em Ciência e Tecnologia como elementos de uma cultura contemporânea.

Historicamente, o conhecimento em Ciência no Brasil foi praticamente negado à maioria da população. Mas se antes era negada, principalmente em um Brasil colônia sem qualquer almejo à incorporação da tradição científica de países do velho mundo, podemos dizer que hoje esse conhecimento continua ainda praticamente “inacessível”, apesar de sua abundância informativa. E na escola, essa mesma escola do Brasil moderno, que recebe crianças e jovens que exibem sua destreza em apertar botões e receber prontamente as notícias mais “intrigantes” do mundo tecnológico, infelizmente manipula (quando o fazem) esse conhecimento de forma acrítica e sem a chance de captarem a dinamicidade de todo esse magnífico empreendimento do conhecimento da humanidade de forma estruturada.

Nesse sentido, estamos convictos de que, assim como em outras “aventuras” do conhecimento humano, a Ciência e Tecnologia são partes de nossa cultura contemporânea. Contudo, é imprescindível ressaltar que o entendimento de cultura não descarta as especificidades do conhecimento científico, muito menos, quando se pensa na escola como principal veículo para enfrentar os imensos problemas decorrentes. Se a Ciência (principalmente as Ciências da Natureza) como a concebemos tem um status privilegiado, então isto é mais um dos indícios de que apesar de ser um elemento constitutivo da cultura, ela se diferencia de outras formas de conhecimento, e essas diferenças necessitam ser pesquisadas e tratadas dentro dessa perspectiva.

Essa ambigüidade tem seu palco principal na escola, e suas decorrências podem, em linhas gerais, definir os contornos da incorporação ou supressão na cultura contemporânea.

Ensinar uma base para muitos aponta para o conflito entre a profundidade e a extensão deste conhecimento. Mesmo nas diversas áreas das CN (Ciências Naturais), temos um conflito permanente entre ‘especialização e universalidade’ (ANGOTTI, 1991, p.10).

Assim, de uma maneira ampla, compartilhamos aqui da idéia de cultura propalada em Angotti (1991) ao dizer que: *Penso cultura mais amplamente, incorporo Ciência e Tecnologia (C&T), evitando ‘circunscrições’ e valorações, sejam a favor, sejam contra C&T (p.7).*

1.5 A FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES: UMA PREOCUPAÇÃO LATENTE.

No Brasil, a década de 90 constituiu-se por um período de mudanças no que tange ao cenário investigativo da área educacional, que se deu em termos quantitativos e também qualitativos, movidas principalmente por pressões internas e pelo aparecimento de políticas educacionais minimamente renovadas, ainda que sem o devido suporte.

Em um âmbito geral, estudos mostraram que a produção de trabalhos acadêmicos (teses e dissertações) praticamente dobrou durante essa década (ANDRÉ *et al*, 1999); contudo, o percentual relativo à temática envolvendo a formação de professores não acompanhou tais índices, que embora tenha aumentado, não ultrapassa a 7%. Mas, definitivamente, o que se mostrou significativo no estudo de André *et al* (1999) foi a importância dada à formação inicial dentro da linha geral Formação de Professores, já que aproximadamente 76% discutem essa temática, sendo que 22,5% referem-se aos cursos de licenciatura.

Quanto à publicação em periódicos²³, André *et al* (1999) computaram uma média de 23,5% dos trabalhos sobre formação inicial, sendo que aproximadamente 50% desses focalizaram suas pesquisas na discussão sobre os cursos de licenciatura. Já em eventos direcionados como a ANPED, André *et al* (1999) mostraram que dentro desse mesmo período, 41% dos trabalhos apresentados no Grupo de Trabalho sobre Formação de Professores referiam-se a formação inicial, dentre estes, mais da metade eram voltados a discussão sobre as licenciaturas.

Nesse sentido, a formação inicial de professores e os cursos de licenciatura de um modo geral têm sido constantemente pesquisados. E não é para menos. Pelo contrário, alguns índices gerais mostrados no estudo de André *et al* (1999) revelam e alertam para o fato de que, devido a rapidez com que as licenciaturas devem absorver as mudanças ocorridas na escola e na sociedade de um modo geral, estas deveriam estar com um outro status em termos de pesquisa e publicações, seja na proposição, análise e/ou reflexão.

²³ No estudo de André *et al* (1999), fizeram parte da análise dez periódicos, sendo que aquele que apresentou um índice mais elevado de publicações sobre formação docente foi o Caderno de Pesquisa da Fundação Carlos Chagas, com aproximadamente 21% referente a essa temática.

Mas no que se refere à formação inicial de professores é necessário considerar conjuntamente as especificidades em cada área do conhecimento, o que demanda um trabalho integrado entre as diversas disciplinas que compõem um determinado curso. Por exemplo, na área das Ciências da Natureza, assim como em qualquer outra, seria desejável um propósito conjunto, evitando que a obtenção de determinadas habilidades como o domínio dos conteúdos científicos em seus aspectos epistemológicos, ou o desenvolvimento de atividades de ensino ficassem a cargo somente “dessa” ou “daquela” disciplina, ou ainda, que determinada atividade ficasse rotulada como pertencente somente as disciplinas da “parte pedagógica” ou específicas. O Trabalho de Silva e Schnetzler (2001) defende que atividades centrais dos cursos de licenciatura, principalmente de Ciências Naturais, não podem ficar a cargo somente das disciplinas pedagógicas, e que é fundamental para a formação dos licenciandos o envolvimento e contribuição também dos professores de áreas específicas.

Chamada a atenção para algumas especificidades concernentes à formação de professores, retomamos os interesses e objetivos desse trabalho.

Nas últimas décadas, muito tem sido pesquisado e publicado visando contribuir para a melhoria do Ensino de Física. Dentre as linhas de pesquisa que varrem as necessidades latentes, questões acerca da introdução de FMC em diversos níveis de ensino, desde seu âmbito justificacional até discussões sobre seus limites e potencialidades tem sido significativamente debatidos.

Contudo, conforme já discutido anteriormente, se faz necessário vincular pesquisas específicas referentes à introdução de FMC seja no Ensino Fundamental, Médio ou Superior, à formação (precária e/ou inadequada) dos professores (TERRAZZAN, 1994; ARRUDA e VILLANI, 1998; STRIEDER e TERRAZZAN, 1998; OSTERMANN, 1999; MOTA, 2000; PAULO e MOREIRA, 2004). Ignorar esse fato pode configurar pesquisas como frágeis e estéreis, face às particularidades do que se quer ensinar/discutir (FMC) e as características atuais da formação docente.

Tal preocupação pode ser observada, por exemplo, na composição dos PCN+, que mesmo sendo um documento dirigido a professores do EM, traz contemplado em várias páginas uma discussão sobre a formação inicial. Nele são reconhecidos os crônicos problemas de formação inicial e as implicações de tais deficiências como possíveis obstáculos ao desempenho dos professores.

Nas Diretrizes Curriculares para a Formação de Professores da Educação Básica (2001), um documento que inaugura a reformulação da formação docente é feito um diagnóstico da formação inicial.

As questões a serem enfrentadas na formação são históricas. No caso da formação nos cursos de licenciatura, em seus moldes tradicionais, a ênfase está contida na formação nos conteúdos da área, onde o bacharelado surge como a opção natural [...], sendo que a atuação como “licenciados” é vista [...] como “inferior”, passando muito mais como atividade “vocacional” ou que permitiria uma grande dose de improviso [...]

Nelas também são enfatizadas alguns aspectos necessários de uma formação a fim de comportar as novas competências docentes, como:

Orientar e mediar o ensino para aprendizagem do aluno; comprometer-se com o sucesso da aprendizagem dos alunos; assumir a saber lidar com a diversidade existente entre os alunos; incentivar atividades de enriquecimento cultural; desenvolver práticas investigativas; elaborar e executar projetos para desenvolver conteúdos curriculares; utilizar novas metodologias, estratégias e materiais de apoio; desenvolver hábitos de colaboração e trabalho de equipe (BRASIL, 2001).

Sem dúvida, a participação da escola é imprescindível no auxílio da promoção de tais qualidades, visto que já não há considerações a serem feitas quanto a eficácia da formação quando inserida na realidade de sala de aula do professor. Contudo, o grande alicerce se dará durante a formação inicial.

Nos PCN+ são ainda apontados outros obstáculos a uma formação mais apropriada ao cumprimento dos indicativos dos PCN, como: a ênfase em uma formação livresca que amplia o distanciamento entre teoria e prática docente, a ausência de espaços institucionais para os estágios, a falta de integração da escola em outros espaços educacionais na sociedade, e outros. Este documento é enfático ao afirmar que “*O professor não aprende a criar situações didáticas eficazes nas quais sua área de conhecimento surja em contextos de interesse efetivo de seus estudantes*” (BRASIL, 2002, p.140), e atribuem tal deficiência a uma “herança histórica”.

Visando diminuir as enormes distâncias na formação de docentes em relação aos objetivos propostos para a Educação Básica, um movimento de reformulação e adequação das Licenciaturas, entre eles o curso de Física, se iniciou a partir da publicação da Resolução 01/2002 – CP/CNE, de 18/02/02, que institui as *Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação de Professores de Educação Básica, em nível superior, curso de licenciatura, de graduação plena*, com base nas orientações da LDB/96. Dentre os pontos que sugerem uma significativa reestruturação propostos na referida resolução, estão:

Art12: dispõe sobre a componente prática dos cursos, onde a mesma deverá se fazer presente desde o início do curso e permear a formação do professor (§ 2º), não podendo ficar restrita a um espaço isolado e desarticulado do restante do curso.

Art13: O estágio curricular supervisionado deverá ser desenvolvido a partir do início da segunda metade do curso (§ 3º), com ênfase nos procedimentos de observação e reflexão, visando à atuação em situações contextualizadas. (§ 1º) enriquecidas com Tecnologias de informação, incluídos o computador e o vídeo, produções de aluno, situações simuladoras e estudos de caso (§ 2º).

Art15: É estabelecido para os desafios postos pelos documentos um prazo de dois anos, a partir de 03/02, para a implantação dos novos projetos.

Diante de um prazo tão exíguo e de modificações tão significativas, que demandam organizações outras além da reestruturação dos PPP dos cursos de licenciatura, em 27 de agosto de 2004 é editada a resolução 02/2004 do Conselho Nacional de Educação, que adia o prazo previsto no art. 15 da Resolução CNE/CP 1/2002, onde é imposto a data de 15 de outubro de 2005 para a adaptação à resolução nº1 do CNE/CP.

A reelaboração dos PPPs deve incorporar ainda outros documentos. A resolução 2/2002 - CNE/CP de 19 de fevereiro de 2002 que *institui a duração e a carga horária dos cursos de licenciatura, de graduação plena, de formação de professores da Educação Básica em nível superior.*

Art. 1º A carga horária dos cursos de Formação de Professores da Educação Básica, em nível superior, em curso de licenciatura, de graduação plena, será efetivada mediante a integralização de, no mínimo, 2800 (duas mil e oitocentas) horas, nas quais a articulação teoria-prática garantida, nos termos dos seus projetos pedagógicos, as seguintes dimensões dos componentes comuns:

I - 400 (quatrocentas) horas de prática como componente curricular, vivenciadas ao longo do curso;

II - 400 (quatrocentas) horas de estágio curricular supervisionado a partir do início da segunda metade do curso;

III - 1800 (mil e oitocentas) horas de aulas para os conteúdos curriculares de natureza científico-cultural;

IV - 200 (duzentas) horas para outras formas de atividades acadêmico-científico-culturais.

As licenciaturas em Física ainda reportam-se a Resolução 09/02 – CES/CNE, de 11/03/02, que estabelece as *Diretrizes Curriculares para os cursos de Bacharelado e Licenciatura em Física*, acompanhado do parecer 1304/01 - CES/CNE – *Diretrizes Nacionais Curriculares para os cursos de Física*,

Os pareceres e resoluções citados ainda precisam ser balizados por resoluções institucionais²⁴, como exemplo:

- Resolução 001/CUn/2000, de 29/02/00 - Dispõe sobre os princípios para o funcionamento dos cursos de formação de professores oferecidos pela UFSC.
- Resolução 005/CEG/2000, de 27/09/00 – Normas para a estrutura curricular dos cursos de licenciatura da UFSC.
- Projeto Pedagógico, UFSC/PREG/DEG, sd. Parâmetros e roteiro para a elaboração dos PPP dos cursos de graduação da UFSC.

Defronte a mudanças tão significativas amparadas por força de Lei, tem-se indícios que as licenciaturas em Física não têm fornecido elementos práticos-teóricos-reflexivos para que os professores cumpram minimamente os objetivos expressos através das DCNEM, PCN e PCN+. Mas qual seria o descompasso na formação de professores? Somente uma adequação estrutural das licenciaturas para entrarem em consonância com os requisitos da formação básica? É temerário dizer que se limita a isto.

A preocupação com a formação de professores de Física na educação básica justifica-se em diversos níveis, em parte pela demanda de alunos ingressantes, ou pela dinâmica evolução da Ciência e a rapidez de ocorrências de mudanças na sociedade.

Certamente que tais preocupações não são exclusivas de uma determinada área da Física, nem somente aos campos didáticos e metodológicos. Contudo, não seria nenhuma “leviandade” expressar um maior nível de preocupação em áreas onde já existe uma defasagem histórica, como por exemplo, em relação à FMC. No caso específico exposto acima, uma nítida sensação de desconforto por parte dos professores tem se contraposto à vontade de desenvolverem em suas aulas elementos de FMC (MOTA, 2000; REZENDE JR; SOUZA CRUZ, 2005).

²⁴ Para ilustrar o conjunto de resoluções e pareceres aos quais os PPP se submetem, foi utilizada a composição a partir da Universidade Federal de Santa Catarina, que tendem a sofrer variações institucionais em função da organização interna das Instituições de Ensino Superior (IES).

1.6 A FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA E OS LICENCIANDOS EM FÍSICA: CONFLITOS E APROXIMAÇÕES²⁵.

Na tentativa de compreendermos como licenciandos e professores de Física vislumbram a pertinência e as pretensas características (formativa ou informativa) dos conceitos da Física do século XX para a escola média com referência a sua formação inicial, entrevistamos 15 licenciandos em Física de duas instituições públicas do Estado de Santa Catarina²⁶ durante o segundo semestre de 2002²⁷.

Para tal evento foi escolhido o enfoque qualitativo²⁸, por possibilitar um maior aprofundamento do fenômeno em questão, não somente pelo pesquisador encontrar-se inserido no contexto, mas também pelo fato dos elementos, entrevistador e entrevistados, pertencerem a um processo que se desenvolve dinamicamente. O contato direto do pesquisador com o fenômeno estudado e o ambiente no qual está situado permite que os dados obtidos descrevam as perspectivas dos sujeitos envolvidos (LÜDKE E ANDRÉ, 1986).

Na instituição 1 os licenciados têm, durante a sua formação regular superior, três disciplinas que compõem o quadro de horas dedicadas ao estudo da Física do século XX. São elas: Laboratório de Física Moderna (72h/a), Estrutura da matéria I (108h/a) e Estrutura da matéria II (108h/a), além das disciplinas que apresentam introdutoriamente tópicos de FMC no seu programa, como Física Geral IV²⁹. Desta instituição foram entrevistados dez licenciandos.

No curso de licenciatura da instituição 2, os cinco entrevistados têm durante a sua formação duas disciplinas voltadas ao estudo do século XX. São elas: Física Moderna I com 72h/a e Física Moderna II com 60h/a.

É merecedor de comentários que todos os entrevistados encontravam-se praticamente no último ano de curso, sendo que oito dos 15 entrevistados (53,33%) já exerciam a função de docentes de Física no EM em escolas da rede estadual e particular mesmo antes de concluírem

²⁵ Uma versão preliminar desse item foi colocada em debate na forma de apresentação oral no Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências, em Bauru, 2005.

²⁶ Denominadas de Instituição 1 e 2 para este estudo.

²⁷ Até a data do término da realização das entrevistas, os dois cursos eram os únicos voltados à formação de licenciandos em Física no Estado de Santa Catarina.

²⁸ Iremos promover uma apresentação mais detalhada desse enfoque no capítulo IV

²⁹ A referida disciplina contempla noções de relatividade na sua ementa, mas não é possível computarmos uma carga horária para o referido tópico.

seus cursos de formação inicial. Para este fato não há nenhuma surpresa, visto o grande déficit de professores desta área.

Para cada um dos entrevistados foram realizadas quatro perguntas estruturais, que poderiam se desmembrar em outras em função do andamento da entrevista. A primeira questão procurava detectar nos licenciandos a sua posição em relação à introdução de FMC no EM. Fazia ainda parte desta primeira pergunta o questionamento de que, se considerando a sua respectiva formação superior, eles estariam preparados para trabalhar com temas referentes à FMC nesse nível escolar, ou ainda se, independentemente de ter uma formação adequada para tal, estaria propenso a discutir com seus alunos do EM temas e tópicos relacionados a Física do século XX.

Mesmo não tendo o objetivo de uma análise quantitativa, complementaremos nossa discussão com alguns dados que julgamos pertinentes. Nos depoimentos referentes a esta questão, 60% dos entrevistados se declaram preparados para tratar assuntos de FMC na escola média, 13,33% estariam parcialmente preparados e 26,66% dos entrevistados declaram não possuírem uma formação adequada para tratarem de tais assuntos no EM. Todos os entrevistados que se declararam preparados para tratar os tópicos de FMC pertenciam a Instituição 1.

Mas de maneira aparentemente independente da formação inicial, apesar de manter um vínculo, a idéia de levar para a escola média temas e tópicos de FMC parece ter uma boa receptividade junto aos licenciandos. Em números, a ampla maioria deles, 93,33%, mostraram-se propensos e interessados em discutirem no EM temas referentes a FMC. Mas expressivos números não podem ser os únicos parâmetros para qualquer tipo de avaliação referente a tais conceitos, contudo, trazem bons indicativos. Os entrevistados explanaram que apesar do potencial e da vasta aplicação e presença da FMC na sociedade contemporânea, ainda há um longo trabalho a ser feito entre a abordagem que lhes são apresentados esses temas nos seus cursos de formação, e do seu possível tratamento na escola média³⁰.

“Existe uma grande diferença entre teoria e prática. Aqui nos ensinam a teoria, ou seja, como fazer, mas fazer é outra história. O que precisávamos mesmo é de exemplos na prática”. (CBB – E0)

“Esses assuntos são muito legais, mas o problema é como passar esse conhecimento para frente”. (PMM – E0)

³⁰ A simbologia utilizada para organizar as entrevista foi feita da seguinte forma: Um conjunto de três letras de forma aleatória que identifica o entrevistado e a identificação da entrevista que corresponde a uma das etapas realizadas ao longo dessa tese e que será explicitado no capítulo IV. Por exemplo. (SSA – E0)

“Os professores da universidade precisam dar o exemplo, pois eles nos dizem o que fazer, mas não fazem”. (DBB – E0)

“A dificuldade estaria na Transposição Didática para o Ensino Médio, pois aqui não nos ensinam como fazer isso”. (BBB – E0)

“É preciso muito cuidado para tratar desses assuntos, pois na universidade essas noções são passadas sem nenhum aprofundamento conceitual e metodológico”. (SSA – E0)

“Não podemos ensinar esses assuntos como nos ensinaram (...)”. (ESC – E0)

Tais afirmações trazem a tona um problema central para nossa discussão, que é a natureza conceitual diferenciada dos objetos da FMC em relação aos objetos clássicos. O objeto quântico, por exemplo, possui uma natureza conceitual diferenciada daquela do objeto clássico, diferenças estas que aparecem tanto nos pressupostos epistemológicos e na linguagem matemática, quanto nas perguntas diferentes que redefinem o objeto estudo como um ente quântico. Assim como apareceu na fala dos entrevistados, deve-se alertar que a mera tentativa de enquadrar os temas de FMC em moldes didático-metodológicos tradicionais contribuirá apenas para adicionar temas diferentes de Física, sem, contudo, tocar na parte mais sensível que é a necessidade de redefinir o objeto a ser estudado. Isso implica rever não só o que ensinar, mas também a concepção de Ensino de Ciência e de Ciência, conforme lembrado por um dos entrevistados.

“Trabalhando assuntos de Física Moderna, os alunos do Ensino Médio poderiam ter uma visão melhor do que é a Ciência”. (CCC – E0)

No que concerne aos conceitos referentes à FMC, é importante notar que vários aspectos da vida social e do cotidiano estão ligados a fenômenos de natureza quântica, mas que dificilmente são reconhecidos como tal.

“A Física Moderna parece tão distante, mas não está. E tem exemplos no cotidiano, como a radiação solar, as lâmpadas de neon, (...)” (WPP – E0)

Porém, normalmente é comum associarmos fenômenos quânticos a coisas inatingíveis, longe da sensibilidade e do nosso dia-a-dia. E, diga-se de passagem, que os fenômenos quânticos são considerados inatingíveis tanto por se referir a um mundo atômico e subatômico como pela sua teoria que é envolta em um grande “mistério” e encoberta pelo seu formalismo não trivial.

“(...) precisamos admitir que nossos alunos não estão acostumados com as abstrações”. (AAA – E0)

“Eu gostaria muito de discutir, por exemplo, a questão da dualidade onda-corpúsculo com meus alunos (...) Mas é muito abstrato para eles, para mim, por exemplo, sempre foi, e eu acho que passaria por doido se tentasse fazer algo do tipo”. (BBB – E0)

Tais declarações podem ter esteio na tradição do Ensino de Física. Enquanto a sequência em espiral de Física 1,2,3,4, Mecânica Racional e Eletromagnetismo foi transplantada para o EM e tem uma longa tradição, no caso da FMC, a natureza do seu objeto não permite que haja uma transposição do mesmo tipo³¹. Em particular nos aspectos relacionados com a estrutura da matéria, a natureza ampla e a riqueza de discussão conceitual seriam por demais sacrificadas se sofressem meras simplificações, ou seja, tentar adaptá-la ao modelo teoria-lista de exercícios pode tornar a FMC no EM num conteúdo meramente informativo ou deturpado para que se adeque à forma dos exercícios comuns de simples aplicação de fórmulas.

E embora já questionado por pesquisadores, o Ensino Tradicional tem um forte argumento a seu favor: a impossibilidade temporal de tratar todos os aspectos da Física. Esta linearização seria assim, a forma mais ordenada e rápida de se alcançar os conhecimentos mínimos necessários. Seu histórico mostra também que apesar dos críticos, este paradigma de ensino tem conseguido formar bons físicos e engenheiros ao longo dos anos.

Mas, também é passível de argumentação que este sistema tem funcionado para futuros físicos e engenheiros, pois geralmente, não é para estes, um caso terminal. Ele é, em geral, acompanhado de outras atividades extra-classe, tais como trabalhos de iniciação científica e de estágio. Mais do que isso, a formação final para um físico só vai ocorrer com o mestrado e doutorado, onde se espera que consigam fazer as conexões necessárias entre os fenômenos que estiverem pesquisando e todo o arsenal teórico e experimental adquirido nos cursos.

Um fato que marcou as entrevistas foi a tendência de alguns entrevistados de condicionarem um possível sucesso quanto a implementação de temas referentes a FMC à disponibilidade de recursos didáticos para tratarem desses assuntos. Tal ponto deve ser considerado, pois não havia nenhuma menção a esse assunto em nenhuma das perguntas direcionadas a eles.

“Seria necessário equipamentos como internet, vídeos, etc.” (ABC – E0)

“Sem recursos como filmes e computadores seria muito difícil a aplicação desses tópicos”. (APP – E0)

“(…) mas há a necessidade de coisas como vídeo e computadores”. (RBB – E0).

“(…) é preciso do computador para mostrar algumas simulações”. (GGG – E0).

³¹ Posteriormente será discutida os limites e adaptações necessárias de uma Transposição Didática para a FMC para o EM

“Necessitaria de um computador para que os alunos pudessem visualizar os fenômenos”. (CBB – E0).

“(…) mas seria muito bom se a escola tivesse computadores em rede para mostrar algumas simulações”. (SSA – E0).

É importante classificar que, todas as menções feitas em relação à potencialidade do vídeo, simulações computacionais e congêneres provinham do grupo da instituição 1. Tal observância pode ter raiz em uma disciplina anteriormente cursada por este grupo, onde é notória através da ementa e programa da disciplina uma preocupação com: “1)Uso fluente de múltiplos recursos: textos impressos, projetores; bases de dados, filmes, TV, E.mail, e páginas *web*, 2)Utilização sistemática de *multimeios* para a seleção, adaptação e produção de materiais didáticos alternativos para o Ensino Médio e Formação permanente. 3) Preparação de temas/tópicos para aplicação, apoiado em *multimeios*. 4) Novas abordagens: metodologias associadas a conteúdos renovados, teoria vinculada à experiência, **Inserção da Física Moderna e Contemporânea**; educação presencial e a distância; formação docente inicial e continuada”.

E retomando o ponto tratado anteriormente, se faz necessário evidenciar que esta proposição vem ao encontro do “pedido” dos licenciandos por exemplares, principalmente no que tange aos temas e tópicos de FMC.

Uma segunda questão buscava extrair dos entrevistados qual a característica de tais conceitos para serem trabalhados no EM, ou seja, com uma ênfase mais formativa ou informativa. A grande maioria dos entrevistados, 80% deles, fez menção a possibilidade de intervenções somente informativas. Nesta perspectiva, a deficiência na formação dos alunos do EM quanto ao Ensino de Matemática foi uma tônica.

“Só desse jeito (informativa), pois os alunos tem muitos problemas com a Matemática”. (CCC – E0)

“Depende muito da Matemática”. (AAA – E0)

“(…) a Matemática é fundamental para poder tocar no assunto de Física Moderna”. (WPP – E0).

“Situações ou temas que envolvam matematizações complicadas desestimulam os alunos”. (PMM – E0).

“Tem que ser mais informativa, pois os alunos vêm com uma base Matemática cada vez pior”. (BBB – E0).

“Com a Matemática que nós pegamos os alunos no 2º grau, só informativo mesmo”. (SSA – E0).

As respostas a esta pergunta, deixaram transparecer também que não há um entendimento muito claro do que vem a ser informativo, pois aparentemente o termo

formativo é por vezes diretamente ligado tão somente a ênfase no desenvolvimento do ferramental matemático pertinente à esses conceitos.

Entrevistados, por exemplo, fizeram menção à monotonia das aulas de Física, e que de maneira informativa “a aula deixa de ser cansativa”(ABC), ou ainda que esse tipo de abordagem “pode tornar o aprendizado mais agradável” (PMM). Então, se constituíssemos as aulas somente com informações, muitas vezes desconexas e sem sentido, essas se tornariam mais agradáveis ou menos cansativas? Mas essa visão por parte dos licenciandos não se concretizou como uma unanimidade, visto que há divergências neste campo.

“Para que os alunos possam entender reportagens referentes a esses temas, eles não podem ter somente informações, porque senão não conseguirão avaliar ou opinar sobre elas”. (GGG – E0)

“Devido a importância desses assuntos, acho que só as informações por si só não dão conta de mostrar tudo que pode ser mostrado”. (DBB – E0)

“O caráter informativo interessará a poucos”. (ESC – E0)

Na terceira questão era solicitado aos entrevistados que sugerissem três temas/tópicos de FMC possíveis de ser trabalhados no EM e a fase ou momento curricular de sua inserção. Uma característica detectada reforça a formação dos entrevistados, principalmente quanto à estrutura curricular e os pré-requisitos. Dentre os 13 entrevistados que se manifestaram sobre esses questionamento, a maioria absoluta deles 86,66% sugeriram que tais temas só seriam possíveis de ser trabalhados no EM ao final do terceiro ano, devido principalmente;

“(…) a maturidade dos alunos”. (APP – E0)

Ou pelo fato de

“Os alunos estão mais espertos no final da terceira série”. (AAA – E0)

Tais afirmações somente refletem a “cultura” dos pré-requisitos. Porém, no que se refere a esta, Terrazzan (1994) escreve:

(…) existem sim os pré-requisitos de conteúdo, mas analisados a cada temática específica eles se revelarão sempre poucos e insuficientes para conformar de maneira tão decisiva as programações curriculares (TERRAZZAN, 1994, p.94).

Ainda fazendo referência a questão 3, algumas contradições começaram a se fazer presente. Conforme mencionado anteriormente, um número expressivo dos entrevistados definiu a 3ª série do Ensino Médio como sendo o momento mais adequado para tratar a FMC, por diversos fatores, dentre eles a Matemática.

“Só daria para fazer isso no final do 2º grau, porque eles já tiveram um pouco de Matemática”. (ABC – E0)

“Eles têm um pouquinho mais de base Matemática no terceiro ano”. (CLL)

“Como eu tinha dito. A Matemática é fundamental!! Então eu acho que só é possível no 3º ano”. (WPP – E0)

Mas cabe uma interrogação: Se a grande maioria dos entrevistados elegeu a abordagem informativa como sendo a mais adequada, porque tanta preocupação com a Matemática ou com o momento em que os temas referentes à FMC aparecerão?

Na mesma questão ainda há motivos para promovermos outras indagações. O quadro a seguir sintetiza a opinião dos entrevistados quanto aos possíveis temas de serem trabalhados no EM.

	Tema1	Tema2	Tema3
ABC	Corpo Negro	Partículas elementares	Noções Eq. De Schrödinger
CLL	Astronomia: mares	Astrofísica	Cosmologia
APP	Raios-X	Laser	Radiação do Corpo Negro
CCC	Efeito Fotoelétrico	Laser	Dualidade
AAA	Átomo de Bohr	Corpo negro	Distribuição probabilística
RBB	Efeito Fotoelétrico	O céu	Laser
WPP	Radiações nucleares	Laser	Datação por Carbono 14
GGG	Corpo Negro	Efeito Fotoelétrico	Teoria Ondulatória da Matéria
CBB	Relatividade	Efeito Fotoelétrico	Corpo negro
PMM	Estrutura Atômica	Radiações	Radiação do Corpo negro
DBB	Raios-X	Relatividade	Laser
BBB	Laser	Corpo Negro	Raios-X
SSA	Relatividade	Corpo Negro	Estrutura da Matéria
AWW	Não é possível	Não é possível	Não é possível
ESC	Astrofísica	Efeito Fotoelétrico	Modelos atômicos

Obviamente que não é possível neste trabalho efetuar uma profunda análise sobre a proposição de temas pelos licenciandos, mas, as opiniões expressas, nos levam a tecer algumas considerações. Ao contrário da maioria dos entrevistados que defendiam uma abordagem mais informativa aos temas de FMC para o EM, muitas das sugestões de temas e tópicos não podem ser tratadas informativamente, dado a complexidade conceitual. Efeito Fotoelétrico e Radiação do Corpo Negro, por exemplo, são temas seminais dos quais se constrói a Mecânica Quântica (MQ). Mas há outros, por exemplo, como LASER, que do ponto de vista meramente das aplicações cotidianas e sem aspirações conceituais pode ser tratado informativamente.

De uma maneira geral, os temas sugeridos são desconexos do ponto de vista conceitual e também didático, sendo que não houve uma linha conceitual presente nas propostas, e também nenhum tipo de unidade. Diante de um quadro tão divergente não há elementos para analisarmos com rigor tais dados, mas há indícios de uma visão fragmentada da FMC e que pode estar refletindo algumas das características de sua formação inicial. Ainda assim, há certa relação com a lista de tópicos e temas consensuais obtidas por Ostermann e Moreira (1998).

Na quarta e última questão foi apresentado um possível quadro para os entrevistados: “Você está ministrando uma aula. Repentinamente um aluno lhe pergunta sobre os ‘buracos de minhoca’, sobre os quais o mesmo acabara de ler em uma revista de divulgação³² (EX; Galileu). Você estaria preparado para lhe responder minimamente sobre o assunto? Em caso positivo, procure sintetizar em um esquema como abordaria tal assunto”.

As respostas novamente demonstram contradições. Em relação à proposição acima, somente dois licenciandos se declaram preparados, cada qual por seu motivo;

“Acho que sim, pois eu já preparei dois seminários sobre esse assunto durante o curso”. (ABC – E0)

“Claro. (...) Eu adoro astronomia, astrofísica e cosmologia”. (CLL – E0)

Todos os demais demonstraram e assumiram não estarem minimamente preparados para tratar esse tipo de assunto com os alunos do EM. Tal fato não corresponde ao

³² A escolha do foco desta pergunta – “Buracos de Minhoca” – deu-se de forma completamente aleatória. Para tal escolha buscou-se em uma banca de revistas próxima ao local das entrevistas por materiais de divulgação científica atuais amplamente comercializados, dentre os quais, o entrevistador em um ato involuntário abriu uma dessas revistas e escolheu o tópico com a melhor diagramação e artística. Tal tentativa teve o intuito de simular um estudante que tem nas mãos algum desses materiais, e que por algum motivo, escolha uma das matérias ao qual chama a sua atenção, seja pelo conteúdo tratado, seja pela beleza de sua apresentação.

posicionamento dos mesmos durante a primeira questão, onde minimamente declararam estarem preparados para tratar desses temas no EM.

“Sinceramente: acho que não sei nada sobre isso”. (APP – E0)

“Já ouvi falar, mas teria que estudar um pouco”. (AAA – E0)

“Pra falar a verdade eu teria que ler um pouco mais sobre o assunto”. (RBB – E0).

“Teria que pesquisar”. (CBB – E0)

“Nunca ouvi falar”. (PMM – E0).

“Não aprendi sobre isso no curso”. (DBB – E0).

“Precisaria estudar mais”. (BBB – E0).

“Seria necessário ler um pouco mais”. (SSA – E0).

“Não sei. Pediria para responder em outro momento”. (ESC – E0)

Propositalmente nesta pergunta, para que se evitasse que os licenciados simplesmente respondessem que estão preparados para responder ou discutir sobre este assunto, foi adicionado que “Em caso positivo, procure sintetizar em um esquema como abordaria tal assunto”.

Os dois entrevistados da instituição 1, que se mostraram preparados, ambos, pediram um papel e esquematizaram como poderiam abordar tal assunto. Por caminhos diferentes, sugeriram possibilidades de abordagem, e com riqueza de detalhes. A fala dos entrevistados não deixa margem para interpretações, face à afinidade de ambos com o tema. Ainda assim, declararam insatisfação quanto ao tratamento dado ao assunto no curso de licenciatura.

“Quando apresentei o seminário desse assunto foi muito legal, mas acho mesmo que o professor não queria falar sobre o assunto, então nos mandou dar os seminários. (...) depois eu aproveitei e apresentei o mesmo seminário em outra disciplina para aproveitar o trabalho que tive”. (ABC – E0)

“Eu só acho que eu poderia saber um pouco mais, e eu gostaria de saber um pouco mais, se os nossos professores discutissem sobre isso. (...) tudo que aprendi foi por conta”. (CLL – E0)

Diante das perguntas propostas e dados obtidos, apesar da quase unanimidade dos entrevistados demonstrarem interesse com o ensino de FMC na escola média, há motivos para preocupações, principalmente no que tange a sua formação. Há clara indicação por parte dos entrevistados de que os conteúdos devam ser trabalhados no final do EM, em função do nível cognitivo e maturidade dos alunos, o que reflete a cultura dos pré-requisitos e a tendência de repetição estrutural de sua formação, conforme já relatada em outros trabalhos como Carvalho (1992) e Adams e Krockover (1997).

De uma forma ainda superficial, os entrevistados mostraram uma tendência a reproduzir sua formação quanto a implementação de tópicos e temas de FMC na escola média, mesmo tendo clareza de que não é possível ser feita da mesma forma que fora apresentada no curso superior, devido as características desse corpo de conhecimento.

Porém, o que ainda é motivo para indagações é, como será possível tratar a FMC na escola básica, já que, segundo Carvalho (1992), é uma prática comum o professor novato ir para a sala de aula e encontrar situações que ele ainda não sabe lidar. Na falta de alternativas, busca nas práticas de seus ex-professores (mesmo se quando na condição de aluno não concordava com tais) os exemplares para tratar determinadas situações. Mas no caso da FMC especificamente, geralmente os licenciandos tem uma carga horária média referente a conceitos de FMC muito inferior em relação aos conteúdos clássicos, e ainda, uma desarticulação patente para levar tais conteúdos à prática efetiva.

Em quase em todas as entrevistas há indicações de que os conteúdos devam ser abordados com um caráter informativo, onde é citada principalmente a deficiência da formação dos alunos da escola básica frente à disciplina Matemática. Outros indicam uma abordagem informativa como elemento de motivação e como forma de propiciar um maior entendimento nas leituras de revistas atuais. Ainda assim, não se sentem preparados para responder minimamente sobre os “buracos de minhoca”, tema comumente presente em revistas de divulgação científica, julgando na maioria dos casos não ter tido contato com esse assunto durante o curso.

Tal informação não deveria causar nenhum espanto, visto que, mesmo referente a temas clássicos e tradicionalmente trabalhados nas licenciaturas, observa-se em pesquisas apresentadas, resultados semelhantes. Por exemplo, Longuini e Nardi (2003) ao entrevistarem licenciandos que cursavam a disciplina Prática de Ensino sobre a construção de um plano de ensino sobre o tema Pressão Atmosférica, explicitam em sua análise.

Os dados obtidos no questionário inicial mostram que a maior parte dos licenciandos analisados, apesar de cursar o último ano de licenciatura em Física, e portanto, prestes a estar ‘aptos’ a exercer a profissão, possuía um conhecimento do conteúdo específico próximo ao de alunos de nível médio (LONGUINI E NARDI, 2003, p.4).

Complementando, os autores acima citados evidenciam que após um trabalho de elaboração e reflexão sobre as aulas, observou-se uma melhora significativa em relação ao conteúdo específico, que significa, segundo eles, *que o processo vivido pelos licenciandos contribuiu para que eles ampliassem e aproximassem suas idéias às cientificamente aceitas*

(LONGUINI E NARDI, 2003, p.4). Tal consideração será discutida adiante, contudo, enfatizamos a sua importância como o pano de fundo desse trabalho de tese, já que *é necessário que os licenciandos, em sua formação inicial, tenham mais vivência de situações de ensino em sala de aula* (idem, p.4), que deve ocorrer num processo complementar às disciplinas de conteúdo específico (LONGUINI E NARDI, 2003)

Outro ponto que ficou evidente em nossas entrevistas é o que trata da falta de material didático específico disponível, sendo que 66,6% dos entrevistados comentaram sobre esse fator; LD principalmente. Contudo, conforme mostrado acima, houve uma direta associação por parte dos entrevistados da instituição 1 em vincular a possibilidade do tratamento dos temas e tópicos de FMC no EM à disponibilidade de recursos didáticos, entre eles, *WEB*, filmes, TV, softwares, mídias eletrônicas em geral.

Todos os que fizeram tal assertiva, 80% dos licenciandos que compunham o total de entrevistados da instituição 1, conforme descrito anteriormente, tinham em sua estrutura curricular uma disciplina que enfatizava justamente a utilização e promovia uma discussão crítica da utilização de multimeios, privilegiando a Física do século XX e Tecnologias.

Cabe ressaltar aqui que 10% dos entrevistados dessa instituição que não fizeram menção a este fator, ainda não tinha cursado tal disciplina, portanto temos uma quase unanimidade de entrevistados que, mesmo sem ser questionados sobre tal ponto, fizeram questão de mencionar e vincular incisivamente a utilização de multimeios ao tratamento de FMC no espaço escolar médio. Apesar de não se constituir como parte fundamental desta pesquisa, é preciso ressaltar a relevância e a importância de tais explicações e de todas as implicações que podem decorrer de tal fato.

Ainda em relação a este ponto, destacamos o fato de que, a partir dos dados obtidos, existiu uma forte tendência dos licenciandos a reproduzir, ou minimamente associar, o que foi desenvolvido em sua formação inicial em questões conceituais e metodológicas nos espaços em que atuam ou que irão atuar como docentes. Ou seja, como os entrevistados da instituição 1 foram fortemente estimulados a tratar temas de FMC em uma disciplina cujo objetivo central era o planejamento de tópicos/temas de Ciência e Tecnologia Contemporâneas e a seleção e produção de materiais didáticos com auxílio de multimeios, simulação e aplicação inicial em demonstrações/sala de aula, quando perguntados sobre a possibilidade de tratamento de FMC na escola média, a sua referência imediata era o vínculo de: *para tratar de FMC são necessários computadores, vídeo, WEB, softwares, etc.*

Através dos dados obtidos, este ponto foi patente, visto que, entre os cinco entrevistados da instituição 2, nenhum deles estabeleceu tal vínculo em suas falas.

Mas esta análise pode ainda tomar outras diretivas, se pensarmos num contra-exemplo. E quando os licenciandos não têm em suas disciplinas integradoras, um enfoque direcionado para tais tarefas? Suas referências únicas nos cursos de licenciatura seriam então as clássicas disciplinas de Estrutura da Matéria ou Introdução a Física Moderna? Então porque os entrevistados não associaram a possibilidade de tratamento de FMC na escola médio como um “espelho simplificado” dessas disciplinas classicamente cursadas?

É sabido que durante a formação inicial do licenciado não é possível satisfazer todas as necessidades conceituais, experimentais, didáticas e metodológicas, o que geralmente é sentido durante a sua vida profissional. Contudo, durante as entrevistas realizadas, foi uma tônica nas falas de um número expressivo de entrevistados o fato de que é necessário durante a sua formação, além dos compromissos com as disciplinas estruturantes, a demonstração, a discussão e o enfrentamento através de “exemplares”, que seriam adaptados em função da sua aplicação. E indubitavelmente, é no período de formação inicial que respostas precisam ser dadas, pois *é nesta fase que a maioria dos licenciandos tem passado por um período de mudanças, ou seja, de alunos a professores* (CAMARGO E NARDI, 2003, p.35).

A situação relatada, cujos dados foram apresentados, pode ser um caso ainda mais agravante, se considerarmos o fato de que a carga horária disponível para disciplinas em que o foco seja a Física do século XX nos cursos de licenciatura é reduzida. Assumimos aqui o posicionamento de que disciplinas integradoras como Instrumentação para o Ensino de Física, Metodologia de Ensino de Física podem e devem assumir tal papel, colaborando diretamente com disciplinas de cunho estruturante como Estrutura da Matéria e Laboratórios Adjacentes, no intuito de fortalecer a formação de licenciandos para o cumprimento mínimo da de suas funções como professor.

Tal consideração ainda demanda investigações em outros cenários, tanto teóricos, quanto aplicados, ainda assim, são relevantes e impactantes de forma direta e imediata nos Cursos de Licenciatura, pois conforme já argumentara Camargo e Nardi (2003), *a profissionalização do professor não finda ao término do curso, mas prolonga-se ao longo de sua carreira, decorrente de toda a experiência adquirida enquanto aluno, bem como no transcorrer da prática profissional* (p.35).

1.7 OS LIVROS DIDÁTICOS E A FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA: CONTEÚDO E ABORDAGEM

O livro didático ainda é, senão o único, um forte apoio do grande número de professores que ministram aulas de Física no EM. Uma formação inadequada de muitos desses profissionais acaba gerando inseguranças e um extremado apelo aos livros textos.

Ainda é bastante consensual que o livro didático, na maioria das salas de aula, continua prevalecendo como principal instrumento de trabalho do professor, embasando significativamente a prática docente. Sendo ou não intensamente utilizado pelos alunos, é seguramente a principal referência da grande maioria dos professores (DELIZOICOV et al, 2002, p.36).

Porém, quando se vislumbra o trabalho com elementos de FMC no espaço escolar médio, acaba-se por tentar administrar dois grandes problemas: de um lado, um número expressivo de professores de Física com uma formação deficiente, que muitas vezes limita seu trabalho ao uso incisivo do livro didático, e de outro, a falta de conteúdos e metodologias adequadas que contemplem FMC nesses livros.

Apesar da ausência dos conteúdos modernos e contemporâneos nos materiais impressos destinados a alunos e professores do EM ser uma realidade, existem indícios de mudança, constatado em publicações no campo Didático (GASPAR, 2000) e também em obras paradidáticas (FREIRE JR e CARVALHO NETO, 1997; BRAZ JUNIOR, 2002; BARTHEM, 2005; CARVALHO, 2005; VALADARES e ALVES, 2005; OKUNO e VILELA, 2005; OSTERMANN e PUREUR, 2005). Há também publicações³³ de qualidade destinada a professores e alunos disponíveis na *WEB*, simulações e softwares.

O crescente número de lançamentos de obras paradidáticas envolvendo FMC reflete a importância dada ao tema por pesquisadores, estes significativamente representados em eventos nacionais e internacionais³⁴. Infelizmente, se tratando de Livros Didáticos as mudanças parecem ser, em partes, ainda restritivas pelo vestibular, pelo mercado editorial e pelos professores.

Indubitavelmente, o problema da inserção da FMC no Ensino de Física no Brasil não se restringe à adição de conteúdos mais atuais de Física, e se fosse, seria dos menores, pois o simples acréscimo de conteúdos da Física do século XX nos já inchados currículos escolares

³³ Como exemplo: www.ced.ufsc.br/men5185; <http://webfis.df.ibilce.unesp.br/cdf/>; <http://www.uniescola.ufrj.br/fisica/>; http://www.eciencia.usp.br/site_2005/default.html.

³⁴ Agrega-se também ao fato histórico de comemorar-se em 2005 o ano mundial da física, em homenagem ao centenário das publicações de Einstein, com grande contribuição ao desenvolvimento da FMC, onde foram significativamente incentivadas publicações paradidáticas nesse período.

dentro da tradicional axiomatização da Física através dos Livros Didáticos (LD), envolto pela espiral³⁵ do Ensino de Física, claramente não conseguirá responder aos objetivos propostos pelos PCN, PCN+ e DCNEM. É preciso acrescentar a este ponto o fato de que praticamente não há estímulo pela academia para a produção de material didático, visto que a valoração acadêmica é creditada a publicação de artigos.

Retomando a estruturação dos LD, Terrazzan (1994) já discutia sobre os materiais apostilados utilizados nas escolas, que, com algumas variações, seguem uma macrodivisão clássica da Física escolar: Mecânica, Física Térmica, Ondas, Óptica e Eletromagnetismo; e, *do ponto de vista da seqüência e dos conteúdos curriculares, inúmeros livros-textos brasileiros são 'cópias disfarçadas' uns dos outros* (Terrazzan 1994, p.48).

Terrazzan (1994) também escreve sobre as dificuldades de se selecionar e organizar os conteúdos para um programa didático. Segundo o autor, quando são cumpridas algumas exigências de ordem teórica, sua execução se dará com um alto índice de complexidade, o que leva a maioria dos autores a não se distanciarem da macrodivisão tradicional. Nesse sentido, para trabalhos que busquem estabelecer programações curriculares para o Ensino de Física, é necessário, de acordo com Terrazzan (1994), ter uma visão clara sobre a estruturação do conhecimento na própria Ciência Física, mas, levando-se em conta que não se deve fazer da Física Escolar puramente um espelho da estrutura da Ciência Física.

Apesar da sua relevância, é preciso expandir a discussão afora deste ponto, pois, a questão não se encontra somente no conteúdo em si ou na sua disposição estabelecida curricularmente. O tratamento dos tópicos Modernos e Contemporâneos no EM, através da aparente simplificação dos conteúdos e da utilização dos índices de livros consagrados do Ensino Superior, poderá conduzir, se levada ao extremo, diretamente aos moldes das apostilas de cursinho, com conteúdos para discussão resumidos a esquemas e simplificações, para uma memorização instantânea e ineficiente, meramente voltada para a aplicação de macetes que resolvem exercícios padrões no vestibular³⁶.

³⁵ Entende-se aqui por espiral de ensino a visão dominante através dos currículos e livros didáticos de que o conhecimento de física deve ser visto inicialmente como um estudo mais simplificado com o formalismo matemático básico, como nos cursos de Física Básica, seguido de um estudo mais aprofundado com um formalismo matemático mais avançado.

³⁶ Optamos aqui por não iniciar uma discussão sobre os concursos vestibulares e a FMC, contudo, um amplo levantamento de dados está sendo realizado. Resultados parciais podem ser encontrados em REZENDE JR *et al.* (2005).

Nesse sentido, adotamos a posição de que não se trata simplesmente de prover meios de incorporar elementos da FMC nos LD como um mero instrumental utilitário. Trata-se sim, de como prover aos alunos condições para desenvolver uma visão de mundo atualizada, o que inclui uma compreensão mínima das técnicas e dos princípios científicos em que se baseiam.

Para além da mesma macrodivisão tradicional, em análise feita a alguns LD³⁷ utilizados no EM e também dos livros³⁸ de Física tradicionalmente utilizados na formação básica de professores, observa-se que a sequenciação dos conteúdos é bastante similar, apresentando ainda a mesma seqüência de pré-requisitos, classicamente apresentadas na forma de FÍSICA 1, FÍSICA 2, FÍSICA 3, FÍSICA 4 e INTRODUÇÃO A FÍSICA MODERNA, o que, com pequenas variações, repete-se nos livros de Física adotados no EM.

Em contraposição a esta seqüência clássica, no período destinado ao EM deve existir uma outra configuração de ensino, onde a Física deve contribuir para a formação dos alunos como cidadãos, que em sua maioria, não seguirão seus estudos em Física.

Remetemo-nos então ao desenvolvimento do conhecimento científico concernente a Física. Quando se discute a construção da Ciência Física observa-se que existe um longo caminho entre os fatos empíricos e as formulações científicas. Existe um processo que não pode ser identificado simplesmente com o indutivismo-empirista ou o dedutivismo-racionalista e que não pode ser facilmente associado a um campo metodológico. Este é um processo vivo de toda uma comunidade, um processo histórico que absorve as visões individuais de cada pesquisador e constrói um saber coletivo. Este processo é objeto dos historiadores e epistemólogos e traz em seu seio alguns “segredos” que se pretende ou se deveria ensinar. A palavra “segredos” é utilizada, pois a visão linearizada presente nos livros textos omite o lado processual, apresentando apenas os resultados finais.

Esta versão linearizada da Ciência apresentada nos LD leva conseqüentemente a uma gangorra entre a visão empirista e a racionalista. Por um lado apresentam-se teorias quase de forma axiomática e por outro se justificam os postulados desta axiomática como sendo fruto de experiências. A ausência do lado processual faz também com que o conhecimento seja apresentado de forma pronta e acabada e, portanto, de forma absoluta e inquestionável.

³⁷Foram analisados livros tradicionalmente utilizados no EM.

- Física, vol 1,2,3 – PARANÁ, 1998.
- Fundamentos da Física, Vol 1, 2, 3 – RAMALHO, FERRARO e SOARES, 1997.
- Aprendendo Física, Vol 1, 2, 3 – CHIQUETO, VALENTIN e PAGLIARI, 1996.

³⁸ Alguns livros tradicionalmente utilizados no Ensino Superior

- HALLIDAY e RESNICK (1991); TIPLER (1985); SEARS, ZEMANSKY, YOUNG (1984).

Dependendo do autor mais ou menos criativo, pode-se ter um número maior ou menor de exemplos interessantes corroborando a teoria apresentada, que é demonstrada quando possível, nas aulas de laboratório.

Exemplos práticos muitas vezes artificiais, mesmo que pretensamente ligados ao cotidiano, não significam que se tenha escapado da gangorra racionalista-empirista. Por exemplo, quando se escreve, nos LD, a Lei de Hooke, a mesma é apresentada como exemplo da elasticidade da barra de ferro e de outros materiais, entretanto, no tratamento teórico da constante elástica, elemento essencial para entendimento do fenômeno elasticidade e fundamental construção de modelos frutíferos ao entendimento da matéria, é considerada apenas um dado numérico do problema e a ênfase é totalmente voltada para a resolução das equações de movimento (resolução da equação de Newton). Isto é, não é a elasticidade que está em questão, mas sim a aplicação das Leis de Newton.

Várias pesquisas têm enfatizado a incorporação da construção de modelos em estratégias didáticas (MOREIRA, 1996; KRAPAS et al, 1997; CUSTÓDIO e PIETROCOLA, 2002). Modelos são elementos fundamentais na apreensão conceitual do mundo físico, e na elaboração de explicações sobre ele; funções, relacionadas com a elaboração do pensamento, tanto em cientistas, quanto em indivíduos leigos.

Nesta perspectiva, a elasticidade presente na Lei de Hooke, que constitui oscilações de pequena amplitude em torno de um ponto de equilíbrio é o embasamento para a construção de modelos em quase todas as áreas da Física, porém, no contexto dos cursos de Mecânica aparece apenas como uma aplicação das Leis de Newton a um sistema de solução simples.

Esta linearização dos livros didáticos também pode ser observada na estruturação de cursos do Ensino Superior. Seguindo o programa tradicional de Física, os alunos do curso de Física depois de seguirem os blocos *Mecânica*, *Física Térmica*, *Ondas*, *Óptica* e *Eletromagnetismo* (ou FÍSICA 1, FÍSICA 2, FÍSICA 3, FÍSICA 4) geralmente acompanham mais dois cursos de mecânica: Mecânica 1 ou Mecânica Geral, com um programa extremamente similar ao de Física 1 e 2, mas utilizando um ferramental matemático mais sofisticado, e o curso de Mecânica 2, ou Mecânica Racional ou Analítica, cujo conteúdo envolve a Mecânica Lagrangeana-Hamiltoniana e Mecânica do Contínuo.

Embora haja saltos epistemológicos entre as duas visões de mecânica, esta passagem é em geral sentida pelo aluno como apenas uma nova linguagem, um novo ferramental matemático. Nestes últimos cursos, a visão mais racionalista vence de forma avassaladora,

mas, paradoxalmente, é também onde se cria no aluno, talvez por exaustão, a idéia de que a Mecânica Clássica é mais intuitiva e concreta do que outros tópicos que vem a seguir.

Também é freqüente, que formandos ou mesmo profissionais entendam este conteúdo apenas como instrumentos de cálculos eficazes, que permitem produzir resultados mesmo sem entendê-los plenamente. Dentro deste paradigma didático, a formação é, portanto, diversificada, e não pretende finalizar no curso de graduação, nem somente dentro da sala de aula. Além das considerações feitas, este modelo tradicional é forte e está em uso porque ao final, o conteúdo nos programas tradicionais é o que tacitamente se aceita como Física.

Nesta última frase tem-se também a raiz de certos questionamentos. Se o Ensino de Física pretender alcançar mais do que aqueles que nela vão se especializar, será esta a melhor maneira? Os resultados de pesquisas nos mostram que não (PIETROCOLA et al, 2000). Parece-nos que este modelo de ensino, refletido nos LD não tem muito sucesso em mostrar que Física é cultura, e com suas implicações tecnológicas e sociais deve fazer parte do conhecimento básico de todo cidadão.

Estamos ao que parece, diante de uma Transposição Didática (TD)³⁹ ditada por objetivos bem definidos, ou se não são objetivos explícitos, decorrem da prática: preparar alunos para a pesquisa em Física. Estes objetivos implícitos têm sido questionados como uma das causas possíveis para o desinteresse tão grande nas Ciências Físicas, por parte de alunos. Mas mesmo aceitando esse paradigma, resta a pergunta sobre a eficácia deste modelo para os que têm o curso de Física como um curso terminal ou quase terminal, por exemplo, licenciados.

Quanto à FMC, mesmo nos cursos universitários, não é difícil a observação sobre uma tentativa de transformar um curso de FMC, por exemplo, o curso de Estrutura da Matéria, em um curso de MQ. Isto aparentemente quebraria a organização mais tradicional, onde a espiral de conhecimento é vista primeiro como um estudo simplificado utilizando um formalismo matemático mais básico (Curso Básicos de Física 1,2,3,4) e depois o estudo mais aprofundado, entendido aqui como uma abordagem com o formalismo matemático avançado (Mecânica Racional).

Na FMC teríamos primeiro o curso Estrutura da Matéria⁴⁰, e em seguida o curso de MQ onde a ênfase é dada na apresentação do formalismo no espaço de Hilbert e resolução dos

O entendimento sobre TD será descrito a seguir

⁴⁰ Velha MQ acompanhado de um *tour* sobre a MQ de forma simplificada e apresentando suas aplicações nas várias áreas: Física Atômica, Nuclear e Estado Sólido.

problemas, seguindo o esquema que já se constitui uma tradição e que é bem sintetizado nas palavras de Cohen-Tannoudji et al (1977), na introdução do seu livro de MQ, que aliás, é considerado um excelente livro.

Nos parece que a melhor maneira de se familiarizar com a Mecânica Quântica é utilizá-la para resolver problemas concretos. Por esta razão que nos esforçaremos para introduzir o mais cedo possível, os postulados da Mecânica Quântica, a fim de poder aplicá-los em seguida no resto da obra. (COHEN-TANNOUJDI et al, 1977, p.03).

Propostas de eliminação da Estrutura da Matéria têm como raiz a idéia de que quanto mais cedo o aluno for apresentado aos axiomas e postulados e mais cedo apreender o formalismo da MQ, mais rapidamente ele chegará ao conhecimento necessário. Embora aparentemente quebrem a organização tradicional, estas propostas na verdade extremizam a visão tradicional e poderiam ter conseqüências trágicas para os cursos de formação de professores.

Ao mesmo tempo, esta proposta vem acompanhada de uma prática que é ministrar os cursos de Estrutura da Matéria nos mesmos moldes que os cursos de MQ, dando pouca ênfase para a discussão conceitual e na fenomenologia e dando principal destaque para os cálculos. Esta prática pode ser danosa principalmente para os alunos que tem estes como cursos terminais, a exemplo da licenciatura em Física. Provavelmente, neste caso, licenciandos irão adquirir uma formação insuficiente para o cumprimento dos objetivos apregoados pelas diretrizes da Educação Nacional.

E assim como se pode questionar o fato de apenas dois cursos de Física Moderna fornecerem aos licenciandos uma formação adequada, não se pode esquecer ainda o fator que envolve o tempo de amadurecimento que dever ter um licenciando sobre um dado tópico/tema. Aqui, tempo de amadurecimento está relacionado com o tempo de contato e vivência com um dado tópico/tema.

Os conteúdos de Mecânica Clássica e Eletromagnetismo, por exemplo, ocupam um espaço e tempo na formação muito maior, criando uma familiaridade e vivência nos temas tão grande que não nos surpreende a tendência natural de professores e futuros professores tenderem a se envolverem com maior intensidade sobre essas temáticas⁴¹.

Deve-se perguntar então se os temas de FMC não deveriam surgir mais cedo e através de mais cursos na formação dos licenciandos, já que, o tempo de vivência e maturação é fundamental no processo de conceitualização. Este maior tempo também implicaria em um

⁴¹ No Capítulo IV será realizada uma discussão com base nos dados coletados nessa tese sobre a tendência de envolvimento de licenciandos com temáticas mais próximas de sua formação.

tratamento especial e com uma finalidade diferenciada, pelo menos para alguns cursos preliminares da formação inicial. Queremos com isso salientar que se poderia ter como objetivo algo diferente do objetivo subliminarmente aceito, de que um curso de Estrutura da Matéria é apenas aquele onde as discussões conceituais e a fenomenologia são informadas aos alunos, visto que a ênfase será dada no aprendizado do formalismo e nas aplicações, posteriormente.

Mas é importante aqui salientar que não estamos questionando a necessidade ou a validade de cursos de MQ; contudo, estamos propondo uma reflexão sobre o papel do tempo de exposição e vivência dos licenciandos a determinados conteúdos e, com isso, levantar a discussão de que o processo escolar deveria respeitar um pouco mais o processo de aprendizagem, isto é, o processo de conceitualização progressiva dos estudantes, sejam eles do Ensino Superior ou da Educação Básica, principalmente àqueles que têm seu contato com a Física/Ciências praticamente em caráter terminal, ou seja, a maioria absoluta.

Com isso, esperamos no decorrer desse trabalho tecer elementos teóricos e empíricos para refletir sobre a necessidade de cursos/disciplinas, onde a FMC em seus vários aspectos pudesse ser debatido e vivenciado principalmente por licenciandos, aproximando-os dos fenômenos, conceitos, teorias e experimentos, formas de medida, etc.

Estes cursos, conforme argumentamos anteriormente, poderiam ter um objetivo diferente do de preparar para um futuro curso de MQ. Neste sentido, a presença de um contato prévio, seja através de disciplinas específicas ou agregadas a outras previamente, poderia inclusive preparar melhor o aluno que seguirá para cursos mais específicos, como o de MQ, embora este não fosse o foco principal. Ainda em relação ao licenciado, os cursos de formação continuada são sempre uma alternativa, que quando bem aproveitada, poderia aprofundar a vivência com o tema e aumentar o tempo de maturação. Assim, trabalhássemos em condições ideais, o tempo de formação de um licenciado deveria ser ampliado, incorporando já em serviço, uma formação continuada, ou mesmo aumentando o seu tempo de formação inicial. Isto talvez contribuísse para quebrar a demasiada dependência pelo LD.

Retornando a análise dos LD de Física, agora incorporada a análise inicial sobre a formação docente, aparentemente existe uma tendência entre os autores, de seguir um enfoque que acompanha a tradição dentro do Ensino de Física. Este enfoque tradicional pode ser resumido em três passos: desenvolvimento do ferramental matemático, apresentação das teorias, confirmação das teorias através de relatos de experiências ou exemplos e, que têm um esteio na tradição de axiomatizar as Teorias Físicas, iniciando sua apresentação a partir de

suas leis ou postulados básicos que são por excelência formulações matemáticas que, dependendo do nível de ensino, são dadas de forma mais ou menos simplificada. Segue-se a isto, a introdução de exemplos de aplicação do formalismo através de exercícios que, com raras exceções, visam, sobretudo, treinar o aluno no uso das equações e na resolução de problemas.

Pode-se aceitar que a axiomática permita que, de forma rápida e sintética, se busque o âmago das teorias científicas. Por outro lado, esta forma sintética e rápida foi logo assimilada por professores de cursos pré-vestibulares, que extremizaram esta proposta, levando ao formulismo excessivo das apostilas e de vários livros textos, onde, aliás, vários manuais e apostilas preparados por professores dos maiores desses cursos, acabaram por se transformar em LD (TERRAZZAN, 1994, p.48).

Observa-se com isso uma notória diminuição da discussão sobre o problema físico, dos envoltos epistemológicos, da História e Filosofia da Ciência, em prol de conteúdos que buscam, sobretudo, a formulação de exercícios adequados (que utilizam prontamente as fórmulas) para o nível de conhecimento matemático do aluno.

Nesse sentido reforçamos que a disposição tradicional dos conteúdos nos LD de Física utilizados no EM Brasileiro, tendem a formar, ao que parece, um paradigma didático para o Ensino de Física, claramente não compatível com os objetivos da Física no EM enquadradas nos preceitos de uma formação como cultura contemporânea.

E para prover um fechamento deste capítulo e delimitar os contornos dessa tese, reforçamos, utilizando as palavras de Terrazzan (1992), que qualquer tipo de implementação, reestruturação ou adequação visando o reconhecimento da Física como cultura contemporânea, passará por vias centrais como as características atuais dos LD, a estrutura de ensino verticalizada da Escola Básica, dentre outros, mas que o caminho expresso para enfrentar tais dificuldades está na formação de docentes, e só se dará de forma conjunta e articulada, nos moldes iniciais e continuados, com os professores e licenciandos em Física.

Ao nosso favor, vivenciamos uma época cujo cenário legislativo e as pesquisas têm se mostrado favoráveis, porém, pouco tem sido observado em termos de mudanças efetivas.

Não podemos, no entanto, nós professores e pesquisadores da Universidade, enfrentarmos tal tarefa sem a participação conjunta daqueles que praticam a Física escolar secundária: os professores de Física do 2º grau (TERRAZZAN, 1992, p. 210).

CAPÍTULO II

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 A TEORIA DOS CAMPOS CONCEITUAIS DE GÉRARD VERGNAUD

2.1.1 INTRODUÇÃO

São inegáveis as contribuições da psicologia cognitiva principalmente por fornecer elementos teóricos na descrição das representações mentais e dos processos que subjazem à aprendizagem. Em um sentido amplo, pode-se dizer que a aprendizagem é o processo pelo qual ocorrem mudanças duradouras nas estruturas, processos e mecanismos psicológicos, mudanças essas resultantes principalmente de fatores externos ao indivíduo. E, assim como tem sido um tema central para a educação, no presente estudo buscaremos aporte em elementos da psicologia, principalmente, por estarmos sendo “provocados” em épocas atuais a pensar sobre a aprendizagem como um complexo processo que vai além do período de escolarização formal e desenvolve-se ao longo da vida das pessoas.

Nas Ciências da Natureza, seus objetos de estudo e conseqüentemente do seu ensino e perspectivas de aprendizagem adquirem formas diversas, desde as mais tradicionais (e não menos centrais) como a preocupação com os sistemas conceituais, a resolução de problemas, os modelos e os processos de modelagem, até dimensões mais contemporâneas como sua vinculação para a tomada de decisões e a avaliação de riscos. De qualquer forma, a noção de aprendizagem é fundamental para todos os processos educacionais, seja no sentido didático, metodológico etc.

Como parte de um sistema indissociável, faremos nesse estudo o uso da Teoria dos Campos Conceituais (TCC) de Gérard Vergnaud no intuito de subsidiar uma compreensão mais ampla da dificuldade encontrada por estudantes (Licenciandos) frente a conteúdos específicos, que geralmente se dá de forma lenta e transcende o período de escolarização formal. Segundo Sousa (2001), *essa perspectiva implica em novas abordagens ao ensino, ao currículo e à avaliação.*

Inicialmente, apresentaremos a TCC, deixando as considerações e adaptações para esta pesquisa para um segundo momento.

A TCC preocupa-se com estudo do desenvolvimento cognitivo e da aprendizagem das competências complexas. É uma teoria cognitivista que envolve o processo de conceitualização do real (VERGNAUD, 1990, p.133), uma teoria psicológica dos conceitos (VERGNAUD, 1990, p.147), que decorre da convicção de Vergnaud referente à impossibilidade de evidenciar e analisar as dificuldades encontradas pelos sujeitos sem considerar as especificidades dos conhecimentos envolvidos.

Como o interesse para essa pesquisa remete também à complexidade do aprendizado de conceitos de FMC em diferentes níveis de escolaridade, o potencial da TCC para essa pesquisa encontra-se principalmente baseado na premissa central da TCC, onde *“um conceito não pode ser reduzido a sua definição, ao menos se nos interessamos a sua aprendizagem e ao seu ensino. É através de situações e de problemas a resolver que um conceito adquire sentido”* (VERGNAUD, 1990, p.135). Tal escolha também se justifica por idéias centrais da construção da TCC, ou seja, a formação dos conceitos e a constituição destes pelo sujeito, conjuntamente a explicitação da conceitualização progressiva.

Vergnaud (1990) argumenta sobre a necessidade de dedicar atenção especial às continuidades e rupturas contidas no desenvolvimento cognitivo do sujeito, pois no âmbito de seu desenvolvimento, é preciso considerar as passagens obrigatórias que o sujeito precisa superar, sem desprezar a complexidade característica de cada classe de problemas, aos procedimentos e suas representações simbólicas (SOUSA, 2001).

Face aos objetivos da TCC, Vergnaud (1990) classifica-a como capaz de promover a compreensão das continuidades e rupturas entre conhecimentos⁴² nos aprendizes. Segundo Moreira (2002), a TCC constitui-se como uma ferramenta, com grande potencial para descrever, analisar e interpretar o que se passa em sala de aula no que concerne à aprendizagem de Matemática e Ciências pelo fato de dedicar-se ao estudo do desenvolvimento cognitivo do sujeito-em-situação.

Para Vergnaud (1990) o conhecimento está organizado em Campos Conceituais (CC). Esta é a sua premissa. O entendimento e domínio dos CC por parte dos sujeitos, ocorrem ao longo de um largo período de tempo, através da experiência, maturidade e aprendizagem (VERGNAUD, 1982 *apud* MOREIRA, 2002, p.2), e está intimamente ligado à diversidade de problemas e propriedades e ao tempo de dedicação e estudo, ou seja, é um processo gradual que requer o enfrentamento das dificuldades conceituais, que pode levar de meses a anos.

⁴² Entende-se aqui por conhecimento tanto o saber fazer como o saber expresso.

Na TCC, Vergnaud (1990) argumenta que a conceitualização é o âmago do desenvolvimento cognitivo, ou seja, o processo de conceitualização é a essência constitutiva da cognição. É a pedra angular da cognição (VERGNAUD, 1998, p.173). No sentido adotado por Vergnaud, a TCC tem um caráter pragmático, pois pressupõe que a aquisição do conhecimento para um aprendiz se dá por meio de situações e problemas a resolver (VERGNAUD, 1994, p.42), ou seja, um conceito adquire sentido por problemas e pela ação do sujeito nessas situações.

As influências teóricas constitutivas do desenvolvimento da TCC são das mais ricas. Pode-se conferir a Piaget um elemento estrutural da TCC, o conceito de esquema (VERGNAUD, 1996 *apud* MOREIRA, 2002, p.2). Porém, diferentemente de Piaget, Vergnaud se preocupou com o conteúdo do conhecimento, pois estava interessado pelo que se passa em sala de aula (VERGNAUD, 1996a, p.10). Nas palavras de Vergnaud, Piaget não se deu conta de quão dependente das situações e da conceitualização é o desenvolvimento cognitivo do sujeito (VERGNAUD, 1998, p.181). Mas segundo Franchi (*apud* Sousa, 2001), a TCC reorientou e ampliou o foco piagetiano em duas direções: *1) toma como referência o próprio conteúdo do conhecimento e a análise conceitual do domínio desse conhecimento; 2) Desloca o interesse das pesquisas das estruturas gerais do pensamento para o “sujeito-em-situação”*.

Tal constatação é estendida à outra influência teórica de Vergnaud, Vygotsky, que também é reconhecida por Vergnaud (1998) no desenvolvimento de sua teoria, principalmente na importância dada à interação social, à linguagem e aos símbolos no domínio progressivo de um CC e ao desenvolvimento e funcionamento de operações de pensamento (SOUSA, 2001).

E, apesar das possíveis implicações didáticas da TCC, é imperativo delinear que a mesma não é uma teoria didática, ou seja, não é uma teoria de ensino de conceitos, mas sim uma teoria psicológica (SOUSA; FÁVERO, 2001, p.7).

Avigorando a condição acima, a TCC não é uma teoria baseada no ensino de conceitos explícitos, formalizados, mas sim uma teoria psicológica do processo de conceitualização do real. Em virtude disso, abrange todo o desenvolvimento de situações, dominadas gradativamente, dos conceitos e dos teoremas primordiais para proceder, de maneira eficaz, nessas situações.

Podemos desse modo, elencar os conceitos-chave na TCC: o conceito de esquema (principal herança de Piaget), as situações, os invariantes operatórios (conceitos-em-ação e teoremas-em-ação), sua concepção de conceito, além da própria caracterização do CC. Pela sua importância, tais conceitos-chave serão individualmente explorados a seguir.

Finalmente, ainda a título de introdução, cabe ressaltar que embora Vergnaud (1988) estivesse interessado, em suas pesquisas, nos CC das estruturas aditivas e multiplicativas, sua teoria não se limita à Matemática (SOUSA, 2001). A idéia dos CC aplicáveis a Física, Química, Biologia (VERGNAUD, 1996b, p.116), assim como a História e a Geografia são consideradas, com a ressalva de que não é possível tentar reduzir a adaptação de esquemas e conceitos às estruturas lógicas.

Não obstante, a validade da TCC fora dos domínios da Matemática também é compartilhada por pesquisadores (SOUSA, 2001; MOREIRA, 2002; SOUSA; FÁVERO, 2002; GRECA; MOREIRA, 2002; COSTA; MOREIRA, 2004). Contudo, é necessário considerar certas particularidades das Ciências da Natureza, principalmente no campo epistemológico. Inicialmente tomaremos com uma possibilidade a utilização da TCC nos domínios da FC e da FMC, porém, é previsível que adaptações poderão/deverão ser realizadas face às estruturações diferenciadas dos distintos campos de conhecimento.

2.1.2 OS CAMPOS CONCEITUAIS

Para Vergnaud, o conhecimento está organizado em CC, sendo que sua apropriação por parte dos sujeitos se dá ao longo do tempo; assim, os CC são uma unidade de estudo adequada para dar sentido às dificuldades observadas na conceitualização do real por parte do sujeito. Em sua construção, Vergnaud (1982) se refere a um CC como:

(...) um conjunto informal e heterogêneo de problemas, situações, conceitos, relações, estruturas, conteúdos e operações de pensamento, conectados uns aos outros e provavelmente entrelaçados no processo de aquisição (p.40).

Em outros trabalhos, Vergnaud advoga sobre os CC como um conjunto de situações (1990, p.146). Aliás, as situações são consideradas por ele a entrada principal de um CC, até mesmo em relação aos conceitos, pois, *um Campo Conceitual é um conjunto de situações cujo domínio requer uma variedade de conceitos, procedimentos e representações simbólicas firmemente unidos uns aos outros* (VERGNAUD, 1983b, p.127). Ou ainda, *Campo Conceitual é um conjunto de situações cuja abordagem requer o domínio de vários conceitos de naturezas diferentes* (VERGNAUD, 1988, p.141).

Na busca pelo conceito de CC, Vergnaud (1983a, p.393) avança através de três princípios básicos que norteiam sua argumentação:

- 1) um conceito não se forma dentro de único tipo de situação;
- 2) uma situação não pode ser analisada com um só conceito;
- 3) o processo de construção e apropriação do arsenal de propriedades de um conceito ou de todos os aspectos de uma dada situação não se dá rapidamente, mas, requer muito fôlego, pois sempre estão permeados por concepções, analogias e mal-entendidos entre situações.

Conjuntamente, Vergnaud (1983b) argumenta sobre a impossibilidade de ver os diversos CC de forma independentes. Entretanto, considera fundamental falar em Campos Conceituais distintos, na medida em que os mesmos possam ser descritos de modo consistente, pois considera ser praticamente impossível analisá-los separadamente.

Assim, considerando a conceitualização como o âmago do desenvolvimento cognitivo, Vergnaud (1994) ressalta a importância de analisar os aspectos conceituais contidos nos esquemas e nas situações, já que são nestes onde os esquemas dos sujeitos serão desenvolvidos, seja na escola ou fora dela, o que confere aos CC um potencial de tornar-se ricas unidades de estudo, capazes de dar sentido às observações ligadas à conceitualização.

2.1.3 CONCEITOS

Um dos principais elementos na TCC é a definição de conceito. Segundo Vergnaud (1990, p.145) um conceito é um terno de três conjuntos: $C = [S, I, R]$.

- [S] O conjunto de situações que dão sentido ao conceito (a referência);
- [I] O conjunto dos invariantes operatórios (objetos, propriedades e relações) associados ao conceito (o significado). Ou seja, o conjunto de invariantes que podem ser usados pelo sujeito para dominar o conjunto de situações;
- [R] O conjunto de representações simbólicas, lingüísticas e não-linguísticas (linguagem natural, gráficos) que permitem representar simbolicamente o conceito, suas propriedades, e as situações em que se aplicam (o significante do conceito).

De tal definição têm-se implicações diretas: Primeiramente a necessidade de considerar simultaneamente os três conjuntos [S, I, R] na análise de um conceito, tanto no aspecto do seu desenvolvimento como de seu funcionamento (MOREIRA, 2002; SOUSA; FÁVERO, 2002). Essa concepção de conceito é coerente com a sua visão não-reducionista, onde não se pode reduzir o significado nem aos significantes, nem às situações (VERGNAUD, 1990, p. 146).

Retomando os princípios que fundamentam sua argumentação sobre CC, um conceito não se forma dentro de um único tipo de situação e uma situação não pode ser analisada com um só conceito (VERGNAUD, 1993b), é possível vislumbrar a importância dada às situações na TCC, visto que o significado dos conceitos assenta-se sobre elas.

Isto significa que uma tentativa de enquadrar de maneira pragmática a definição de conceito com um “conjunto de invariantes utilizáveis na ação” é pobre, visto que a utilização de significantes explícitos é imprescindível (VERGNAUD, 1990), pois a ação operatória não constitui todo o processo de descrição do real.

2.1.4 SITUAÇÕES

As situações constituem para Vergnaud a porta principal para o a compreensão e domínio de CC, mas são necessários critérios rigorosos para definir a acepção dada ao seu conceito. Para Vergnaud (1990) o significado de situação está limitado ao sentido dado a este termo na psicologia, ou seja, muito próximo da idéia de “tarefa”, afastando-se do conceito de situação didática⁴³.

Vergnaud discorre que *“toda situação complexa pode ser analisada como uma combinação de tarefas, para as quais é importante conhecer suas naturezas e dificuldades próprias”* (1990, p. 146), sendo que as ações e respostas dos sujeitos decorrem das situações ao qual ele se confronta. Assim, as situações podem ser agrupadas em duas classes, uma para aquela onde o sujeito já possui em seu repertório, e outra para as quais o sujeito não possui todas as competências necessárias (VERGNAUD, 1990).

As dificuldades no enfrentamento de uma “tarefa” podem ser minimizadas quando existe o entendimento de combinações de tarefas, sendo necessário conhecimento de suas dificuldades individuais e das especificidades. Ou conforme sintetizam Sousa e Fávero (2001) ao citarem Vergnaud(1990) , *“a dificuldade de uma tarefa não é nem a soma nem o produto das dificuldades das distintas subtarefas, mas é claro que o revés de uma subtarefa tem como conseqüência o fracasso em toda a tarefa”* (SOUSA; FÁVERO, 2001, p. 5).

Vergnaud (1990) ainda categoriza duas idéias em relação ao sentido de situação: variedade e História. A categoria de variedade baseia-se na observação da existência de um grande número de situações as quais os sujeitos se defrontam e a idéia de história fundamenta-se no fato do conhecimento dos alunos ser moldado pelas situações as quais ele se defronta e que são progressivamente dominadas, particularmente pelas primeiras situações capazes de prover sentido aos conceitos que queremos ensinar (1990, p.150).

De forma ampla, o sentido seria então o conjunto de interpretações e ações evocadas no sujeito no enfrentamento de uma situação. Nesse sentido, esse conjunto de interpretações e

⁴³ No sentido adotado por Brousseau, G (1986). Segundo Vergnaud (1991, p.170) *“O conceito de situação foi muito renovado por Guy Brousseau que lhe deu, não somente um alcance didático que ele não tinha em psicologia, mas também um significado no qual a dimensão afetiva e dramática intervêm tanto quando a dimensão cognitiva”*

ações pode ser utilizado em outras situações, mas dada uma situação, o esquema adquire um sentido mais restrito.

Para Vergnaud (1994), uma das razões de se considerar a TCC se deve ao fato de que um conceito tornar-se-á significativo para o sujeito em virtude da diversidade de situações, onde diferentes aspectos de um mesmo conceito estão envolvidos em distintas situações pois, para ele, as situações é que dão sentido aos conceitos, mas o sentido não está na situação em si.

Mais precisamente, o sentido são os esquemas evocados no sujeito por uma situação (VERGNAUD, 1990, p.158), ou seja, a relação do sujeito com as situações e com os significantes. É também o repertório de esquemas que podem ser usados, por exemplo, para operar símbolos numéricos, algébricos e lingüísticos; porém, alerta ao fato de que uma situação em particular não consegue emergir todos os esquemas disponíveis. Assim, o sentido de uma situação particular não é o sentido mais amplo para esse sujeito. *Quando se diz que uma palavra tem certo sentido se está, de fato, falando de um subconjunto de esquemas, impondo-se assim uma restrição ao conjunto de esquemas possíveis* (SOUSA, 2001).

2.1.5 ESQUEMAS

O conceito de esquema foi inicialmente introduzido por Piaget para responder sobre as formas de organização das habilidades cognitivas, bem como as sensório-motoras. Para Vergnaud (1990, p. 135; 1994, p.54) um esquema “*é a organização invariantes de uma classe de situações*” e, segundo este autor, é nos esquemas que os conhecimentos em ação do sujeito devem ser pesquisados.

Um esquema é um universal eficiente para uma variada gama de situações e pode, com isso, gerar diferentes seqüências de ações, procedimentos de coleta e controle de informações, dependendo das particularidades de cada situação. Nesse sentido, não é o comportamento que é invariante, mas a organização do comportamento (VERGNAUD, 1998, p. 176).

(...) um esquema não é um estereotipo, mas uma função temporalizada em argumentos, que permite gerar seqüências diferentes de ações e de informações em função de valores de variáveis da situação (VERGNAUD, 1990, p.140).

Transferindo a idéia dos esquemas à educação, cabe à escola, nos seus diferentes níveis, possibilitar ao sujeito o desenvolvimento de um largo e variado conjunto de esquemas, viabilizando situações variadas e pertencentes a diferentes classes, sem que estes fiquem cristalizados (VERGNAUD, 1996b; MOREIRA, 2002).

Assim, Vergnaud dá ao conceito de esquema uma amplitude maior que a dada por Piaget, pois para ele os esquemas estariam no centro do processo de adaptação das estruturas cognitivas, enquanto Vergnaud relaciona os esquemas com as características das situações. Mas ambos concordam que há muito de implícito nos esquemas. Quando o sujeito se defronta com a uma nova situação, as sua condutas serão guiadas pelo repertório de esquemas que ele dispõe; assim, vários esquemas podem ser suscitados simultaneamente (VERGNAUD, 1990, p.140).

Como o âmago do desenvolvimento da cognição para Vergnaud é a conceitualização, fica clara a importância da relação entre situação e esquema (1998, p.177). Mas a definição de esquema de Vergnaud requer, segundo ele, algumas especificações denominadas de “ingredientes” do esquema:

- Invariantes operatórias (conceitos e teoremas em ação) que pilotam o reconhecimento pelo sujeito dos elementos pertinentes da situação, e a recolha de informação sobre a situação a tratar.
- antecipações do objetivo a atingir, dos efeitos que são de esperar e das eventuais etapas intermediárias.

- regras de ação do tipo se... então... que permitem gerar a seqüência de ações do sujeito
- inferências (ou raciocínios) que permitem <calcular> as regras e as antecipações a partir das informações e do sistema de invariantes operatórias de que o sujeito dispõe (VERGNAUD, 1991, p.180).

Dos ingredientes acima, os invariantes operatórios constituem a base conceitual implícita, ou explícita, que permite obter a informação pertinente; e são eles que permitem a articulação entre teoria e prática, pois, *“a percepção, a busca e a seleção de informações se baseiam inteiramente no sistema de conceitos-em-ação disponíveis para o sujeito (objetos, atributos, condições, circunstâncias...) e nos teoremas-em-ação subjacentes à sua conduta”* (MOREIRA, 2002).

Mas, conforme descrito anteriormente, há uma distinção entre duas classes de situações, onde conseqüentemente o esquema funcionará de maneira distinta. Para a classe de situações disponíveis no repertório de esquemas do sujeito, as condutas se apresentam de maneiras automatizadas, enquanto para as classes das situações que extrapolam os esquemas do sujeito, o que ocorre é uma utilização sucessiva, e muitas vezes simultânea, de vários esquemas que passam por processos de acomodação, combinação e recombinação.

2.1.6 OS INVARIANTES OPERATÓRIOS

Segundo Vergnaud, *um teorema-em-ação é uma proposição considerada como verdadeira sobre o real; um conceito-em-ação é uma categoria de pensamento considerada pertinente* (VERGNAUD, 1996b, p.202)

Os invariantes operatórios (conceito-em-ação e teorema-em-ação) são componentes essenciais dos esquemas (VERGNAUD, 1998, p. 167), mas um conceito-em-ação não é completamente um conceito nem um teorema-em-ação é um teorema, o que não implica em dizer que, progressivamente, os conceitos-em-ação e teoremas-em-ação podem se tornar conceitos e teoremas científicos.

Na Ciência, os conceitos e os teoremas são explícitos, sendo possível, assim, discutir sua pertinência e veracidade e, prontamente, este caso não representa os invariantes operatórios, pois, *“os conceitos e teoremas explícitos só formam a parte visível do iceberg da conceitualização: sem a parte escondida formada pelos invariantes operatórios, esta parte não seria nada”* (VERGNAUD, 1990, p.144).

Nesse sentido, uma grande parte do conhecimento do indivíduo é implícita, ou seja, verifica-se que muitas operações são executadas com o auxílio de invariantes sem que o indivíduo seja capaz de expressá-lo.

Em suas reflexões sobre elementos da Matemática, Vergnaud (1990) ainda classifica os conceitos-em-ação mais importantes desenvolvidos pelos alunos: grandeza e magnitude, valor unitário, razão e fração, função e variável, taxa constante, dependência e independência, quociente e produto de dimensões. E assegura que as aquisições cognitivas, em um CC específico, acontecem por meio de interpolações, ou seja, não ocorrem através da superposição de fragmentos.

2.1.7 IMPLICAÇÕES DIDÁTICAS

A TCC de Vergnaud não é uma teoria didática, o que não significa dizer que não possa ter implicações didáticas, onde seguramente a principal delas é a do professor como mediador, provendo situações frutíferas no intuito de ajudar os alunos a desenvolver o seu repertório de esquemas, tornando-os hábeis para o enfrentamento de situações cada vez mais complexas (VERGNAUD, 1998, p.186).

Como o autor defende a construção do conhecimento a partir de problemas a resolver, uma transposição para a didática consistiria de uma possível investigação de situações-problema funcionais para a elaboração dos conceitos, visando revelar as conceitualizações que subjazem aos esquemas dos alunos, aos seus procedimentos e erros cometidos.

Tais afirmações pautam-se primeiramente nas pesquisas referentes aos Campos Conceituais das estruturas aditivas e multiplicativas realizadas por Vergnaud, mas que segundo ele não se restringe a Matemática (SOUSA, 2001; MOREIRA, 2002; SOUSA; FÁVERO, 2002;). Segundo Vergnaud (1991), *a especificidade da aprendizagem da Matemática está na própria Matemática. Isso não significa que a teoria da aprendizagem da Matemática esteja inteiramente contida na Matemática (p.177).*

Porém, implicações do ponto de vista didático em áreas distintas necessitam de adaptações, sujeitas estas, às condições não só históricas ou epistemológicas, mas também psicológicas. Mais especificamente, tendo a Física Escolar como pano de fundo, é pertinente verificar se há possibilidades em aproximar as situações, definidas por Vergnaud, das situações no campo da Física, não restritivas às idéias de Brousseau (1996).

Acreditamos aqui ser necessário promover um “recorte escolar” considerando as relações didáticas e os obstáculos à aprendizagem, permeados pela TCC, para que possamos avançar teoricamente, primeiramente no intuito de elencar os elementos e condições de convergência e/ou divergência das situações de Vergnaud e das situações didáticas mais gerais. Tal assertiva pode propiciar uma visão mais integrada do papel dessas situações e suas implicações nos diversos níveis educacionais.

Por exemplo, quando se trata da introdução de conteúdos caracterizados por uma ruptura evidente, tanto do ponto de vista epistemológico como didático, como é o caso da FMC, qual seria a dificuldade na construção de esquemas, por exemplo, tomando enfoques

metodológicos diferenciados como ponto de partida (ARONS, 1990; FISCHLER; LICHTFELDT, 1992; GIL; SOLBES, 1993), tanto para profissionais em formação como para estudantes da educação básica?

Esperamos, com o auxílio da TCC de Vergnaud e de elementos teóricos advindos de didatas e pesquisadores preocupados com a aprendizagem no sentido mais amplo, encontrar as ferramentas necessárias para o encaminhamento de reflexões no intuito de responder o questionamento acima, assim como para outros que naturalmente irão surgir.

2.2 AS RELAÇÕES DIDÁTICAS, OS OBSTÁCULOS À APRENDIZAGEM E A TEORIA DOS CAMPOS CONCEITUAIS⁴⁴.

2.2.1 INTRODUÇÃO

Em qualquer relação didática há um conjunto de fatores que podem contribuir ou dificultar a aprendizagem pretendida. Por exemplo, as escolhas didáticas feitas pelo professor têm grande influência no sucesso ou fracasso desse processo, podendo atenuar ou reforçar verdadeiros obstáculos que podem perdurar mesmo após a conclusão de determinado nível de estudo, inclusive o superior.

Algumas pesquisas em Didática das Ciências (ASTOLFI, 1993, 1994; JOHSUA, 1996; JONNAERT, 1996) discutem as múltiplas variáveis que se encontram no contexto da sala de aula, para além da estreita relação entre o professor, o aluno e o saber, e que tornam a relação didática dinâmica e complexa. Cada um desses três atores comporta outras variáveis constituídas, por exemplo, pelas relações pessoais com os saberes, tanto da parte do professor, como da parte do aluno, enquanto indivíduo e enquanto grupo-classe, embora exista um saber único presente no programa, resultado de uma Transposição Didática (CHEVALLARD, 1991). Ignorar essa multiplicidade de variáveis pode gerar obstáculos à aprendizagem.

Além disso, essa relação didática está inserida em um espaço-tempo definido: a escola, que para disciplinas escolares como as Ciências Naturais/Física é praticamente o único. Entretanto, existe uma dimensão longa, extra-escolar, da psicogênese da aquisição do conhecimento nessa relação com os saberes, momento no qual se espera que o aluno disponha de “ferramentas intelectuais” para mobilizá-las em novos contextos. Mas, alguns autores questionam se há essa transposição para situações novas e destacam que o aluno parece se comportar como se nada tivesse aprendido do que foi ensinado (PERRENOUD, 1999, 2001), ou mantém um comportamento dual: uma Ciência para a sala de aula e exames, e uma Ciência para o cotidiano (COLOMBO, 1988; CAMPANARIO; OTERO, 2000).

Isso reporta a uma outra questão que algumas dessas pesquisas colocam: há de fato a interiorização ou, para usar uma terminologia vigotskiana, a passagem para o intrapsíquico

⁴⁴ Uma versão inicial desse item foi apresentada no Congresso Internacional de Linguagem, Cultura e Cognição, em Belo Horizonte/MG, 2003.

dessas “ferramentas”, a fim de que possam ser mobilizadas? Aliado a isso, em suas escolhas e estratégias didáticas o professor se depara com um paradoxo se pretende que o aluno construa o conhecimento: de um lado o professor não pode tornar tudo explícito ao aluno, pois irá tirar deste a oportunidade de aprender; de outro lado, o aluno ainda não dispõe de instrumentos suficientes para se desvencilhar da situação. Há, portanto, a necessidade de uma contrapartida ao projeto de ensino do professor, ou seja, um projeto de aprendizagem por parte do aluno.

Assim, é necessário promover uma discussão sobre a possibilidade de um tratamento didático com o qual se possa gerenciar o paradoxo mencionado acima e evitar ou superar alguns dos obstáculos à aprendizagem de determinado assunto. Para isso, apoiamo-nos em algumas pesquisas da didática francesa para entender melhor a dinâmica da relação didática e na TCC de Vergnaud (1990) para compreender os aspectos cognitivos presentes nessa relação.

2.2.2 A RELAÇÃO DIDÁTICA E OS OBSTÁCULOS À APRENDIZAGEM

Qual seria a articulação entre a relação didática e os obstáculos à aprendizagem? Johsua e Dupin (1993) apontam para esse questionamento ao retomarem algumas discussões sobre as concepções dos alunos, especialmente nas tradições inglesas e francesas, com ênfase nessa última. Mesmo a terminologia varia de autor para autor, podendo-se encontrar denominações do tipo: raciocínio natural, raciocínio implícito, modelo implícito, quadro de referenciais alternativos, pré-concepções, representações, esquemas cognitivos e outros.

Para esses autores as “idéias falsas” dos alunos podem ser fracas, mas outras podem servir de base ativa para modelos teóricos e possuir uma certa lógica interna quando confrontados com os objetos de ensino. E essa resistência será tanto maior quanto for a adequação entre a concepção e o tipo de problema que ela pode resolver. Há portanto, a possibilidade de uma convivência, uma coabitação, dessas concepções com os conhecimentos científicos supostamente aprendidos pelos alunos. Como ressaltam Johsua e Dupin (1993, p.130)⁴⁵, *“no domínio da formação científica, mais que em outras, ao que parece, a aquisição não tem caráter definitivo; as regressões são, ao contrário, a regra”*. A partir disso, os autores colocam a seguinte questão: seria possível considerar uma progressão cognitiva a ampliação da classe de situações abordáveis por determinada concepção?

Isso poderia apontar para uma das causas da permanência dessas concepções. Ou seja, sua capacidade de adaptação e parcial pertinência para o enfrentamento de uma classe de problemas, indicando certa transversalidade nesse modo de raciocínio, o que sugere um trabalho didático longo para sua superação.

Pode-se então propor uma outra pergunta: de onde vêm as concepções dos alunos? Johsua e Dupin (1993) também discutem esse problema e sugerem algumas origens, tais como: ambiente social, como a influência religiosa, por exemplo; distorções de informações e apelo ao espetacular nas vulgarizações científicas; concepções epistemológicas da Ciência ensinada; influências afetivas e culturais, como a idéia de calor como sendo o mal em algumas populações sul-africanas, por exemplo; obstáculos epistemológicos, como animismo, antropomorfismo, finalismo, artificialismo, substancialismo, obstáculo verbal, generalização indutiva, apego às experiências primeiras. Esses últimos já haviam inclusive sido sugeridos por Gaston Bachelard.

⁴⁵ As traduções presentes são de minha responsabilidade..

Mas, poderia se pensar ainda na possibilidade de certas concepções fundamentais estarem nas relações entre o sujeito e o objeto. Todavia, isso nos leva a um outro problema, ou seja, o de subestimar os diferentes conteúdos e situações, reduzindo o processo de equilíbrio, numa linguagem piagetiana, a uma relação pessoal com os objetos. Essa parece ser uma crítica à Piaget (JOHSUA; DUPIN, 1993).

Em um trabalho bem mais recente, Campanaro e Otero (2000) também fazem uma revisão do estado da arte nas tradições inglesa, francesa e espanhola, das pesquisas sobre idéias prévias dos alunos e suas dificuldades de aprendizagem. E reconhecem o seguinte: *“que a aprendizagem significativa das Ciências por parte dos alunos é uma tarefa com índice de fracasso elevado é uma afirmação que dificilmente pode surpreender aos investigadores e professores de Ciências”* (Idem, p.156). Destacam ainda que considerar as idéias prévias dos alunos em uma aprendizagem significativa em Ciências é condição necessária, mas não suficiente.

Aqui caberia perguntar o sentido de aprendizagem significativa em Ciências, pois poderia se pensar pelo menos em dois sentidos: o social e o didático. Entretanto, uma consideração que esses autores fazem acerca de alguns resultados de pesquisas anteriores sobre o assunto nos parece importante:

Ainda que as idéias espontâneas sejam construções pessoais e próprias de cada sujeito, existem muito mais semelhanças que diferenças entre elas, o que tem permitido identificar alguns esquemas comuns em alunos de países e sistemas educativos distintos. [...] Entre os resultados mais notáveis da investigação cabe destacar o paralelismo que existe entre muitas das idéias prévias dos alunos e determinadas teorias históricas de outras épocas geralmente pré-científicas (CAMPANARO; OTERO, 2000, p.156).

Apesar de discutível o termo paralelismo utilizado na citação acima, não iremos nos ater a tal neste momento.

Tal consideração nos remete novamente à questão: qual a origem dessas concepções? Ou, há um tratamento didático para tais idéias prévias no Ensino das Ciências, a fim de amenizar o fracasso apontado anteriormente por esses autores? Eles mesmos alertam, ao que parece, que certos esquemas alternativos abrangem todas as culturas. Algumas origens podem ser identificadas: a experiência cotidiana, aprendizagens e analogias inadequadas, meio social e outras.

Além das idéias prévias dos alunos, suas concepções epistemológicas também são obstáculos, segundo Campanaro e Otero (2000). Os alunos têm idéias prévias sobre o conteúdo científico, mas também sobre o conhecimento científico. E aí outras origens podem

ser apontadas, tais como: livros didáticos; concepção de Ciência do professor; estratégias didáticas, como atividades experimentais e uso exagerado de fórmulas Matemáticas, especialmente em Física, para enfrentar problemas isolados. A concepção de Ciência pode ser transmitida de maneira implícita e não raro de forma equivocada, o que torna mais difícil sua identificação e tratamento didático.

Neste sentido, Johsua e Dupin (1993), ao citarem Vergnaud, enfatizam que tanto a manifestação de uma lógica particular, como a resposta do aluno a um problema, depende da relação de sua estrutura conceitual com o campo epistemológico. E o aluno toma contato com esse campo epistemológico na escola, tendo influência, portanto, o contrato didático estabelecido e a transposição didática empreendida. Citam ainda Guy Brousseau ao afirmarem que *“depois de ter destacado a existência de obstáculos ontológicos, resultados do desenvolvimento psicogenético, Brousseau insiste sobre a possível natureza didática de certos obstáculos, que são o resultado artificial de certas decisões didáticas equivocadas, e que devem ser distinguidos de obstáculos epistemológicos”* (JOHSUA; DUPIN, 1993, p.330). De qualquer forma, a discussão sobre o campo epistemológico adquire sentido no enfrentamento de situações que levem a sua explicitação. Estas situações deveriam ser reconhecidas como de mesma classe, como as situações envolvendo o conteúdo científico, porém isto raramente ocorre.

Em uma escolha didática pode-se decidir considerar ou ignorar os obstáculos, deixando, nesse último caso, seu gerenciamento a cargo do aluno. Assim, parece que para toda escolha didática haverá um obstáculo didático. Seria possível então, diminuir ou eliminar seu impacto na aprendizagem? Vale ainda um outro alerta: *“simplesmente levar em conta as concepções pode ser ineficiente. Buscar, por exemplo, colocar os alunos contra tal e tal concepção “errônea” ou atacá-la com um contra-exemplo isolado ou manipulação experimental. Ou “destruir” as concepções inadequadas”* (JOHSUA; DUPIN, 1993, p.331). Para esses autores, isso poderá servir para uma determinada ocasião, mas esses obstáculos poderão se manifestar em outras situações. Essa articulação com as escolhas didáticas e os obstáculos que o aluno irá manifestar em determinado contexto levaram Jean-Louis Martinand à proposição da noção de objetivo-obstáculo, que será tratada mais adiante. Antes disso, é preciso compreender algumas variáveis presentes em uma relação didática e suas implicações no gerenciamento do contrato didático.

2.2.3 AS MÚLTIPLAS VARIÁVEIS DE UMA RELAÇÃO DIDÁTICA

A relação didática se estabelece em um contexto no qual há um projeto de ensino em que se dá a interação entre o professor, o aluno/alunos e o saber a ensinar. Nesse nosso estudo especificamente, tal consideração é extremamente importante, pois há determinados espaços formativos (como em determinadas disciplinas das Licenciaturas) em que o rótulo de aluno ou professor estão amalgamados e alguns objetivos da relação didática acabam por se sobrepor.

De uma forma geral, essa relação está limitada em um espaço e um tempo bem definidos: o escolar. Mas, será que essa compreensão é satisfatória? Jonnaert (1996) alerta que uma relação didática comporta bem mais variáveis do que essa visão estrita sugere e coloca no âmbito dessa relação mais uma problemática: as relações pessoais com os saberes.

Essa relação didática comporta ainda um contrato didático e ambos são perecíveis. Ou seja, já que há um espaço e um tempo definidos, trata-se de uma relação de curta duração. Todavia, as relações com os saberes não acabam no espaço-tempo escolar, pois embora a relação didática não dure além do contrato didático, há um processo de construção do conhecimento pelo aluno para além do contexto da escola. Esse paradoxo é expresso por Philippe Jonnaert do seguinte modo: *“a relação didática é precária, mas ela possui o objetivo de desenvolver em cada aluno um processo longo de construção do conhecimento”* (JONNAERT, 1996, p.116).

Assim, aquela concepção reduzida da relação didática desconsidera que o contrato didático dela decorrente é instável e uma das razões são as múltiplas relações com os saberes que cada aluno, e também o professor, mantém nesse contexto. Desse modo, não há um único saber de referência, fruto de uma transposição didática e presente nos programas, mas uma variedade de relações pessoais com outros saberes, que também serão referências em um tratamento didático. Isso implica, entre outras coisas, a inexistência de um contrato didático padrão, de uma classe padrão e de um saber padrão. Jonnaert (1996) enfatiza que essas relações com os saberes são constituídas de diversas representações. Essas múltiplas relações com os saberes é que tornam a relação didática dinâmica e o saber a ensinar é confrontado, questionado e julgado a partir de outros saberes que se transformam durante o processo (JOHSUA, 1996). Ignorar esse conjunto de variáveis significa amenizar os desvios entre o que se pretende ensinar e as relações pessoais com os saberes, as quais tendem a permanecer mesmo depois do tempo escolar.

Seria então possível pensar que a relação didática se define em um ambiente no qual existe a intenção de ensinar alguma coisa a alguém? Ao que parece, Philippe Jonnaert entende que não, pois a relação didática e suas múltiplas variáveis irão exigir uma ampliação da negociação do contrato didático. E, justamente esse conjunto de variáveis é que dá sentido à existência da relação didática e é nesse espaço de rupturas e instabilidades que bem se define o contrato didático. Nesse jogo de influências é que o contrato didático encontra sua identidade (BROUSSEAU, 1986; JONNAERT, 1996).

Posteriormente, buscaremos evidenciar espaços privilegiados durante a formação inicial de licenciandos em Física que propiciam uma ampliação do contrato didático em prol da aprendizagem e que concretizam na relação didática um campo de pesquisa em potencial.

Mas, há ainda um outro motor da relação didática: as assimetrias entre o professor e o aluno. No interior do contrato didático estabelecido, que comporta um conjunto de responsabilidades e regras, explícitas e implícitas, entre professor e aluno/alunos frente ao saber, há uma assimetria não só quantitativa, mas qualitativa. Professor e alunos jogam papéis distintos nessa relação e ambos não dispõem do mesmo conjunto de significações (JOHNSUA, 1996). Muitas das escolhas didáticas do professor se pautam em expectativas que este tem em relação aos alunos:

A característica fundamental de uma relação didática reside provavelmente nessa existência de assimetria entre as relações que cada um mantém com os saberes. Bem mais, o fato dessa assimetria existir é que a relação didática encontra razão de ser em um momento dado: a função da relação didática é de fazer evoluir esta relação com os saberes (JONNAERT, 1996, p.123).

No início de uma relação didática o aluno mantém uma relação com os saberes ainda precária e o professor irá “colocá-lo em jogo” na expectativa de que essa relação com os saberes continue para além do contexto da escola e da tutela do professor, já que a relação didática deverá ser provisória. Mas, com quais saberes o aluno continuará a se relacionar?

Assim, ainda no tempo escolar, o professor terá que gerenciar o paradoxo descrito na introdução desse capítulo e admitir que o contrato didático comporta certa flexibilidade, pois, se for imutável, imobilizará procedimentos e a aprendizagem se tornará mais difícil. Dito de outro modo, na negociação do contrato didático terá que estar prevista a devolução e a contra-devolução.

Antes de entrarmos nessa questão, é preciso considerar os tempos de uma relação didática: o tempo curto e o tempo longo. No tempo curto, as relações dos alunos com os saberes científicos ainda são frágeis e carregadas de representações e concepções. É, portanto,

um momento de risco, pois dele podem surgir obstáculos à aprendizagem. Esse tempo se dá na escola.

No tempo longo da psicogênese da aquisição do conhecimento, o professor sai de cena e a aprendizagem se dará além do espaço e do tempo escolar. Nesse tempo, a pertinência dos saberes escolares estará em jogo. Talvez o aluno consiga uma resposta à pergunta que fez frequentemente na escola: para que isso me servirá? Isso dependerá, em grande medida, das escolhas didáticas feitas no tempo curto da relação.

Philippe Jonnaert (1996), ao tratar dessa dupla dimensão temporal da relação didática, destaca que Guy Brousseau (1986) já havia apontado para essa problemática ao propor três níveis para uma situação didática: a situação didática, a situação a-didática e a situação não-didática. *“Uma situação didática se desenvolve entre um mestre, um saber e os alunos, no quadro espaço-temporal da classe. As intenções de ensinar do mestre estão fixadas claramente”* (JONNAERT, 1996, p.129). Na situação didática o professor mantém uma relação privilegiada com o saber, se comparado ao aluno, que mantém uma relação fraca ou inexistente com o saber. Isso caracteriza um quadro didático, pois essa assimetria, como já foi dito, é a razão de ser da relação didática.

Na situação a-didática o aluno começa a utilizar algumas aquisições em situações sem a indicação explícita do professor, o qual ainda está presente, mas o aluno começa a ensaiar certos passos em direção a uma mobilização de conhecimentos dentro de uma mesma disciplina. Na situação didática e a-didática o controle das atividades realizadas em classe estão sob a responsabilidade do professor e se inserem na escala temporal curta da relação didática.

E, na situação não-didática a relação dos alunos com os saberes é independente da relação do professor com os saberes e ocorre na escala temporal longa, ou seja, no tempo longo da psicogênese da aquisição do conhecimento. Leituras, discussões informais, games, *WEB* estariam comportados aqui. Há uma tentativa de mobilização dos saberes em outros contextos com vistas a enfrentar situações novas.

Mas, qual seria o papel do aluno na relação didática? Essa questão nos remete à discussão acerca do propósito do contrato didático. Ou, mais ainda, da negociação desse contrato didático. Mais uma vez Jonnaert (1996), citando Guy Brousseau, destaca três elementos desse contrato: a divisão de responsabilidades, a consideração do implícito e a relação com os saberes. E, aquele autor ressalta que o contrato didático tem justamente a

finalidade de ampliar o espaço de diálogo entre essas variáveis: professor, alunos e saberes. Isso possibilita, conforme o autor, reduzir o ambiente de riscos que um diálogo com apenas uma ou duas dessas variáveis poderia promover em um processo de aprendizagem; seria um “diálogo de surdos”. Assim, a intenção de um contrato didático não é de explicitar todo o implícito, mesmo porque as relações pessoais com os saberes são de difícil acesso; mas, de equilibrá-los, a fim de possibilitar o diálogo.

Na negociação do contrato e na divisão de responsabilidades o projeto de ensino do professor terá que encontrar um projeto de aprendizagem do aluno/alunos. Ou seja, necessita-se uma adesão ao projeto de ensino. Philippe Jonnaert expressa essa necessidade como sendo o *dinamismo potencial do contrato didático*, o qual comporta as rupturas didáticas, as devoluções e as contra-devoluções, que serão discutidas no item final.

A consideração das concepções dos alunos em um processo de aprendizagem já foi apontada anteriormente como condição necessária, mas não suficiente para uma “mudança conceitual”, a qual é entendida bem mais como metáfora, pois se sabe que haverá no mínimo uma coabitação dessas concepções com os saberes científicos supostamente aprendidos pelos alunos. Aliado a isso, verifica-se também que uma relação didática comporta relações pessoais com os saberes que são de difícil acesso e isso se acrescenta às várias origens possíveis para a resistência das idéias prévias dos alunos em etapas posteriores à escola.

Desse modo, uma alternativa didática proposta por Astolfi (1988, 1993, 1994) acerca da noção de objetivo-obstáculo de Martinand, articulada à TCC de Gérard Vergnaud, nos parece adequada para a discussão de um possível tratamento didático dos obstáculos à aprendizagem.

2.2.4 A NOÇÃO DE OBJETIVO-OBSTÁCULO COMO ALTERNATIVA DIDÁTICA.

Em uma pedagogia pautada por objetivos os assuntos estarão divididos em pequenas unidades, a fim de facilitar sua abordagem e sua avaliação, ou seja, os passos do processo de aprendizagem estão centrados no professor e podem ser controlados facilmente. Os objetivos são identificados em termos procedimentais do tipo *o aluno será capaz de...*, seguidos de um verbo de ação (ASTOLFI, 1997).

A noção de obstáculo nas estratégias didáticas considera que o aluno chega à escola com idéias mais ou menos estruturadas e ocorre uma adaptação dessas concepções às situações, resistindo a uma *transformação intelectual*. Na idéia de objetivo-obstáculo entende-se que essa transformação intelectual no plano didático se dá principalmente pela transposição de obstáculos. Assim, os objetivos não poderiam ser definidos *a priori*, sem considerar as concepções dos alunos. A proposta é de “*utilizar a caracterização dos obstáculos como um modo de selecionar os objetivos*” (ASTOLFI, 1995). Nesse caso, os obstáculos se tornam o ponto de apoio das situações didáticas e sua transposição tem o sentido superá-los. Isso dá aos obstáculos um *status* positivo. Nessa perspectiva, há que se considerar que:

A transposição de um obstáculo supõe também uma apreciação da amplitude do “salto conceitual” exigido pelo trabalho ou dever: nem fácil demais (não haveria obstáculo), nem difícil demais (os alunos não poderiam transpô-lo). O desafio intelectual desestabilizante deve poder se apoiar sobre competências ou capacidades já adquiridas. Nessa avaliação do possível, retoma-se as observações de Vigotski no que diz respeito à zona de desenvolvimento proximal (ou zona proximal): o trabalho didático consiste em ultrapassar, sem forçar em excesso, a maturação das estruturas cognitivas dos alunos (ASTOLFI, 1997, p. 128).

Entretanto, conforme Astolfi (1993, 1994), é preciso considerar o duplo *status* das representações no plano didático. Essas representações se diferenciam dos obstáculos à aprendizagem por terem um caráter local, ligadas a contextos particulares. Um primeiro *status* atribuído a essas representações é de significar um distanciamento do conhecimento científico, ou seja, um contraponto ao projeto didático. Por outro lado, tais representações servem como uma explicação funcional para o aluno, pois correspondem a uma representação de determinado fenômeno. Assim, essas representações não se opõem aos objetivos didáticos, mas “*se situam no centro do objetivo que se pretende, já que sua transformação é o que o professor irá esforçar-se por provocar prioritariamente, além das definições ensinadas relativas ao conhecimento*” (ASTOLFI, 1994, p.207).

Todavia, essa transformação não é tão simples. Tanto as concepções como as representações dos alunos interferem na aquisição do conhecimento. Usualmente na literatura as representações têm um caráter mais coletivo, enquanto que as concepções têm um caráter subjetivo. Ambas estão ligadas a obstáculos à aprendizagem, os quais podem se encontrar no campo lingüístico, lógico e epistemológico (ASTOLFI, 1988) e têm um “núcleo duro” resistente. E, o abandono dessas concepções e representações pode resultar em incertezas para os alunos, pois os verdadeiros obstáculos permanecem e se manifestam em outras representações. Assim, tanto uma representação pode ser a convergência de mais de um obstáculo, como o contrário.

Ao tratar didaticamente dos obstáculos as representações e as concepções terão que ser identificadas. Mas, isso não é suficiente, pois há uma rede de idéias associadas a esses obstáculos que impedem o aluno de compreender determinados saberes científicos, os quais também precisam ser localizados. As estratégias e seqüências didáticas com vista à superação desses obstáculos dependem dessa identificação e localização. *“Isso será o que irá caracterizar uma seqüência construída em torno da superação de um obstáculo, em oposição a outra, organizada em torno de uma simples aquisição de saberes”* (ASTOLFI, 1994, p.211). Essa exigência coloca o professor diante de um outro paradoxo: se os obstáculos forem tratados isoladamente, corre-se o risco de enfrentar as representações pontualmente, sem que os alunos percebam a manifestação desse mesmo obstáculo diante de outras situações. Por outro lado, se os obstáculos forem tratados de forma mais global, não há garantia de que ocorrerá uma transferência dessa aprendizagem em situações particulares (ASTOLFI, 1993).

Façamos então um rápido questionamento da tradição do Ensino de Física embasados na discussão acima. O ensino em espiral, com a introdução simplificada de conceitos através de artifícios didáticos, que posteriormente tendem ao aprofundamento destes conceitos através de novas “situações” (aplicações) e de uma maior formalização, leva a uma assimilação que respeita a “maturação” e a conceitualização progressiva dos estudantes? Se admitirmos que a resposta à pergunta acima seja não, então é facilmente questionável o fato de que a cadeia de pré-requisitos, geralmente entendida como instrumentalização para a superação de obstáculos, é insatisfatória, pois cada passo nessa caminhada, que é avaliado pela capacidade do aluno em resolver determinadas tarefas, obviamente não dá conta de todo esse processo.

Retomando a discussão teórica, esse paradoxo nos leva a crer que a identificação das representações dos alunos não é suficiente para sua superação, no sentido de se ter uma

modificação na relação com os saberes dos alunos ao final da relação didática. Se tais obstáculos forem considerados em seu segundo *status* descrito acima, ou seja, o de ocupar o mesmo “nicho” dos saberes científicos, sua superação passa a ser o verdadeiro objetivo de uma educação científica. Essa articulação entre os obstáculos a superar e as escolhas didáticas caracterizam a noção de objetivo-obstáculo, na qual Astolfi acrescenta que *“se os obstáculos encontrados têm uma significação profunda em relação às aprendizagens que se pretende obter, são precisamente esses obstáculos que teriam que ser estabelecidos em primeiro lugar para definir os autênticos objetivos”* (1994, p.211). Esse “diagnóstico” dará ao professor subsídios para suas escolhas e estratégias didáticas.

O tratamento didático desses obstáculos nessa perspectiva teria três etapas: a localização, a confrontação e a superação. Cabe enfatizar que tais etapas não são fechadas, permitindo certa flexibilidade. Na localização do obstáculo, dar-se-ia a tomada de consciência pelo aluno das suas representações e concepções e o que o impedem de aprender. As escolhas didáticas feitas nessa etapa que permitem a emergência das representações terão que considerar que elas apresentam uma automatização, o que dá ao aluno certa comodidade intelectual, além do difícil acesso às relações pessoais com os saberes. No entanto, essa etapa é insuficiente para a superação dos obstáculos.

A segunda etapa é a confrontação entre os saberes científicos e os saberes oriundos das relações pessoais dos alunos. Busca-se nessa ocasião uma destabilização conceitual, ou um conflito sociocognitivo, numa linguagem piagetiana. Esse confronto ocorre não somente entre o grupo-classe e os saberes a ensinar, mas também entre as representações dos alunos. Aqui entra em cena uma boa negociação do contrato didático, pois os alunos terão que aceitar o “jogo” da devolução *versus* a contra-devolução didática.

E, a terceira etapa é a superação do obstáculo. Para isso o aluno terá que dispor de um modelo explicativo satisfatório para modificar as suas relações pessoais com os saberes. Astolfi (1994) alerta que, embora se possa propor um novo modelo, escapa do controle do professor a interiorização desse modelo pelos alunos. E, ressalta os trabalhos de Vigotski, que *“insistiu no papel central da linguagem interior para transformar em uma aprendizagem pessoal o que em um primeiro momento constitui um êxito de caráter social: segundo ele [Vigotski], é necessário tornar possível a passagem do interpsíquico ao intrapsíquico”* (Idem, p.214).

As duas primeiras etapas ainda estão sob um forte controle do professor e se dão no grupo-classe, sendo, portanto, de caráter coletivo. É o tempo curto da relação didática que está

inserida no contexto escolar. A terceira etapa, na qual se espera do aluno a construção de novas ferramentas conceituais que possam ser mobilizadas em outras situações, ou seja, que sejam interiorizadas, está mais fortemente relacionada ao tempo longo da psicogênese do conhecimento, ou seja, em uma situação não-didática, para além do espaço-tempo escolar (RICARDO, 2003).

É possível ainda subdividir essa terceira etapa em outras duas: a “reestruturação” de um novo conceito e a “automatização” de seu uso. E, é justamente nesse ponto que acreditamos que a TCC de Vergnaud pode nos apontar alguns caminhos para uma abordagem didática dos obstáculos e da dinamicidade da relação didática.

Ainda assim, é passível de questionamento se as situações escolares permitem ao aluno reconhecer esse conflito, isto é, será que os obstáculos sentidos pelos alunos têm uma mesma natureza, ou seja, o aluno reconhece ou não a diferença das representações e/ou concepções. De fato, as diferenças e conflitos das representações podem ou não interferir no enfrentamento das “tarefas” escolares, como já fora apresentado na maioria dos estudos sobre Concepções Alternativas. Mas de uma forma geral, os alunos resolvem bem suas tarefas escolares, mas ainda mantêm as suas concepções.

Nesse sentido é necessário nos perguntarmos quando as representações conflitantes interferem na resolução de típicos problemas, ou ainda, em que situações, ou através de que tipo de tarefas, pode-se levar uma real desestabilização e posterior assimilação. Não custa lembrar que um mesmo formalismo matemático pode resolver um dado problema mesmo partindo de concepções e representações diferentes⁴⁶. Assim, não é nada estranho que um aluno, para tratar a condução do calor, por exemplo, utiliza a idéia do calórico, mas o mesmo aluno ainda aplica uma concepção mais moderna em outras situações⁴⁷. Portanto, aparentemente, não se trata de adesão a uma ou outra visão para a resolução de problemas, mas sim, de pragmatismo e objetividade na resolução.

⁴⁶ Uma ilustração do que foi descrito pode ser analisado nos trabalhos sobre eletromagnetismo de Ampère e Maxwell.

⁴⁷ Para mais detalhes, ver também Auth e Angotti (2001).

2.2.5 RETOMANDO A TEORIA DOS CAMPOS CONCEITUAIS.

Retomaremos aqui alguns pontos da TCC de Vergnaud. A TCC tem como seu principal objetivo o de permitir a compreensão das filiações e rupturas entre conhecimentos, nas crianças e adolescentes. Para Vergnaud o conhecimento está organizado em CC, cujo domínio por parte dos sujeitos ocorre durante um longo período de tempo, através de experiências, da maturidade e da aprendizagem. Assim, sua teoria toma um caráter de pragmatismo no sentido de que pressupõe que a aquisição do conhecimento é moldada por situações, problemas e as ações desse sujeito nessas situações (VERGNAUD, 1994).

Os CC podem ser entendidos como *“um conjunto informal e heterogêneo de problemas, situações, conceitos, relações, estruturas, conteúdos e operações de pensamento, conectados uns aos outros e provavelmente entrelaçados no processo de aquisição”* (VERGNAUD, 1982, p.40). Porém, não se trata de uma psicologia cognitiva centrada nas estruturas lógicas, pois é acima de tudo, uma psicologia dos conceitos (VERGNAUD,1990), fundamentada na idéia de que não é possível analisar os problemas e dificuldades encontradas pelos alunos sem considerar as especificidades dos conteúdos envolvidos. Ao que parece, Vergnaud entende que seja praticamente impossível estudar separadamente conceitos e a ação, embora admita a necessidade de promover recortes, pois defronte de determinadas situações, o sujeito organizará suas ações a partir das representações que faz dessa realidade.

Como herança de Piaget, Vergnaud retoma e rediscute o esquema, como um universal eficiente para enfrentar uma gama de situações, com o qual se pode gerar diferentes seqüências de ação, de coleta de informações e de controle, dependendo das peculiaridades de cada situação; quer dizer, não é o comportamento frente às situações semelhantes que é invariante e universal, mas a organização desse comportamento (VERGNAUD, 1998, p. 172).

Nesse sentido, assim como os conhecimentos expressos pelas teorias e modelos científicos se constituem de conceitos, leis e teoremas explícitos, a idéia de esquemas de Vergnaud contempla a participação de invariantes operatórios: conceitos-em-ação e teoremas-em-ação. Só que, diferentemente da estrutura explícita do conhecimento científico legitimado socialmente, tais invariantes operatórios são conhecimentos que entram em jogo no momento da ação sobre um objeto ou situação-problema e, muitas vezes, são difíceis de serem expressas pelos indivíduos. O reconhecimento da natureza implícita dos invariantes operatórios por Vergnaud, lança luz sobre aspectos participativos do processo de

conceitualização que permanecem “ocultos”. Isto não significa dizer que é impossível acessar os conhecimentos “implícitos-em-ação”, o que tornaria o referencial teórico estéril.

Na TCC as situações têm um lugar de destaque, visto que são elas que dão sentido aos conceitos. Mas também as situações são aprendidas por meios de uma classe de esquemas, assim, não parece possível definir um conceito como uma categoria fixa, pois ele sempre terá uma vinculação relacional com os invariantes operatórios, as situações, e um conjunto de símbolos e signos pelos quais se representam os conceitos. Um conceito é, portanto, segundo Vergnaud (1990), um terno de três conjuntos: $C = [S, I, R]$.

Desse modo, o desenvolvimento e a operacionalidade de um conceito envolverão sempre a imbricação dessas três dimensões. Ou seja, um conceito só irá adquirir sentido para o indivíduo na medida em que ele é confrontado com uma variedade de situações, o que permite a abstração, incorporação ou rejeição de propriedades aos invariantes operatórios e, portanto, aos esquemas. Também, pode-se acrescentar de maneira mais precisa que a relação entre significados e significantes, não atende a uma relação de bijeção, pois é comum que um significante represente mais de um significado, bem como os invariantes operatórios comparecerem em diversas situações. Com efeito, não é possível reduzir o significado ao significante, nem os esquemas às situações (VERGNAUD, 1990).

É característico dos processos cognitivos dos indivíduos, na compreensão dada por Vergnaud, que eles utilizem os conhecimentos implícitos e explícitos quando do enfrentamento de situações. Assim, é mister dar atenção ao desenvolvimento cognitivo principalmente no que tange as suas continuidades e rupturas, o que é uma tarefa complexa e que depende das situações, das representações simbólicas e análise dos erros e fracassos (VERGNAUD, 1990). Vale ressaltar ainda, o papel da linguagem na intermediação semiótica das representações, na ajuda do pensamento e da organização da ação.

Esta função se apóia ela mesma sobre a função da representação, mas o que é representado, então, é às vezes os elementos da situação levada em conta, a ação e suas relações. A linguagem e os símbolos matemáticos desempenham, portanto, um papel na conceitualização e a ação. Sem os esquemas e as situações, eles permaneceriam vazios de sentido (VERGNAUD, 1990, 170).

A TCC busca, assim, compreender o desenvolvimento da aprendizagem de competências complexas. E, ao explicitar o que entende por conceitos e esquemas, Vergnaud destaca duas classes de situações: aquela na qual o sujeito já dispõe de todas as competências necessárias para o enfrentamento da situação e outra na qual ainda não dispõe dessas competências. Nesse último caso, o sujeito se obriga a dispor de um tempo de reflexão,

hesitação, exploração de possibilidades que podem conduzi-lo tanto ao êxito como ao fracasso (VERGNAUD, 1990). Com efeito, essa distinção traduz perfeitamente a subdivisão proposta por Astolfi (1994) para a *superação* dos obstáculos à aprendizagem, uma vez que um certo conjunto de situações exigirão uma *reestruturação* dos saberes, enquanto outras já estarão incorporadas ao repertório conceitual dos alunos, isto é, *automatizadas*. Contudo, não se pode aqui reduzir a superação de um obstáculo à aprendizagem unicamente ao campo cognitivo, pois trata-se de um caso que envolve interação social, inscritas na relação didática e no contrato didático, por isso mesmo sujeito a um tratamento didático.

2.2.6 DEVOLUÇÃO *VERSUS* CONTRA-DEVOLUÇÃO E O GERENCIAMENTO DOS PARADOXOS

Embora a TCC não trate especificamente de problemas de ordem didática, não se pode negar as suas implicações. A educação científica, de uma maneira geral, deve contribuir para que o sujeito desenvolva um bom repertório de esquemas, evitando, todavia, que se tornem engessados.

Moreira (2002) chama a atenção para a difícil tarefa do professor em propor oportunidades ao aluno para que desenvolva seus esquemas na zona de desenvolvimento proximal. É preciso lembrar ainda de todas as variáveis presentes na relação didática, já discutidas anteriormente, e de que os obstáculos podem ser identificados não apenas no que o sujeito diz, mas, conforme Vergnaud, no que o sujeito faz. Daí a importância de compreender a noção de esquemas em ação em sua teoria. Essa afirmação é reforçada pelo fato de que os alunos não conseguem expressar totalmente seus teoremas e conceitos pela linguagem.

Esses teoremas e conceitos implícitos devem ser formalizados, sistematizando e tornando o esquema consistente. Mas isto depende dos objetivos e da contextualização das “tarefas”. *“É nesse sentido que conceitos em ação e teoremas em ação podem, progressivamente, tornarem-se conceitos e teoremas científicos, mas isso leva muito tempo”* (Idem, p.12).

Mas, como fazer isso? Um caminho possível já foi sugerido por esse autor, ao ressaltar o papel essencial do professor como mediador da relação didática, oferecendo ao aluno *situações frutíferas* de aprendizagem.

Aliado a isso, o professor teria que enfrentar ao menos dois paradoxos apontados anteriormente: a) não explicitar tudo ao aluno para não tirar deste a oportunidade de participar da construção do conhecimento; ao mesmo tempo, nem sempre o aluno dispõe de todas as ferramentas necessárias. b) tratar especificamente um obstáculo à aprendizagem, correndo-se o risco de enfrentar as representações pontualmente, sem que os alunos percebam sua manifestação em outras situações. Ou, um tratamento global dos obstáculos, o que não garante sua transferência para situações particulares.

Diante do quadro complexo de uma relação didática descrita anteriormente, e da impossibilidade do acesso do professor no tempo longo da psicogênese da aquisição do conhecimento, fica claro que é no tempo curto da relação didática que o professor poderá agir

mais eficazmente. Ou seja, fazer escolhas didáticas adequadas para manter o aluno sempre na zona de desenvolvimento proximal e administrar os paradoxos acima.

Para isso, argumentamos que o professor pode lançar mão de uma perturbação intencional do contrato didático (SLONGO *et al.*, 2001) ou do que Brousseau (1986) chama de ruptura didática do contrato, caracterizada pela devolução *versus* a contra-devolução. Essa estratégia caracteriza o confronto entre os saberes e entre as regras implícitas e explícitas do contrato e coloca, ou recoloca, o aluno em seu ritmo de aprendizagem. A devolução didática ocorre no momento em que o professor transfere ao aluno a responsabilidade do processo de construção do conhecimento. Suas escolhas didáticas envolvem saberes que já foram apresentados aos alunos, mas também avança em direção a novas aquisições. Para usar uma linguagem vigotskiana, as situações-problema propostas pelo professor estão dentro de uma zona de desenvolvimento proximal do aluno. O aluno sabe que o professor sabe a resposta e que pode ajudá-lo a alcançá-la.

Todavia, o professor terá que reconhecer os limites da devolução e aceitar a contra-devolução, o que irá demandar uma mudança de estratégias. Isso implica aceitar que o contrato didático não é unilateral e que não poderá explicitar tudo, pois desse modo, como poderia se dar sua ruptura didática?

Toda a devolução didática somente pode se conceber se os participantes presentes puderem aceitar a perspectiva de uma eventual contra-devolução. Mas, onde estão as rupturas nesse caso, se todas as regras são explícitas, e comportam estas da devolução *versus* a contra-devolução? Elas se situam essencialmente nas características das situações que o professor propõe aos alunos. É através dessas últimas que os alunos se rendem às intenções do professor, mas também da possibilidade que há de as recusar” (JONNAERT, 1996, p.143).

É nesse ambiente dinâmico e que comporta múltiplas variáveis, entre elas as relações pessoais com os saberes, que as concepções e representações dos alunos exercem suas influências no processo de aprendizagem. Trata-se de manter o aluno em uma constante ruptura didática do contrato estabelecido, ou seja, um permanente “jogo” de devolução *versus* contra-devolução.

Johsua (1996) já havia destacado o problema de reduzir os obstáculos à aprendizagem ao campo cognitivo e ressalta a atualidade dos trabalhos de Vigotski sobre a influência do contexto e das relações sociais nesse processo. Mas aqui alguns pontos merecem um aprofundamento:

1) Nesse terreno de múltiplas relações com os saberes é fundamental um processo de conceitualização dinâmico que, se de um lado, contempla a devolução *versus* a contra-

devolução, isto é, a manutenção de uma relação professor-aluno-saber dentro de uma zona de desenvolvimento proximal; de outro, deveria atender a necessidade de estratégias que permitam a conceitualização. Isso significa dizer que a riqueza da conceitualização não deriva somente da apresentação de situações *frutíferas* (Moreira, 2002), mas também da riqueza do tratamento didático. Aqui, a idéia de modelos⁴⁸ (MARTINAND, 1986; GILBERT; BOULTER, 1998, PIETROCOLA, 1999; GILBERT et al., 2000; BUCKLEY; CUSTÓDIO; PIETROCOLA, 2002) parece central. Cabe ressaltar ainda que, do ponto de vista epistemológico, os modelos desempenham um papel fundamental na construção do conhecimento científico, em particular da Física (BUNGE, 1974; NAGEL, 1987). Desse modo, principalmente na apresentação das situações, são essenciais as simplificações e idealizações; tarefas estas não só ligadas aos conceitos em si, mas também a estratégias metodológicas ou heurísticas. Isso nos remete aos problemas com o uso de situações *prototípicas* e com a dificuldade de mobilização de recursos cognitivos em situações não-didáticas.

2) Conforme foi discutido anteriormente, no início de uma relação didática o aluno não tem relações com os saberes científicos, se as têm são fracas e carregadas de concepções e representações. Assim, como fazer com que uma situação que foi um problema para a Ciência se torne um problema para o aluno? Dito de outro modo: como tornar significativo para o aluno o que se pretende que ele aprenda? Problematizar determinado assunto a partir do conhecimento científico parece não ser inteiramente viável, já que ele ainda não tem relações com esse saber. Sobre isso, Delizoicov (2001, p.143) salienta que *“o ponto culminante da problematização é fazer com que o aluno sinta a necessidade da aquisição de outros conhecimentos que ainda não detém, ou seja, procura-se configurar a situação em discussão como um problema que precisa ser enfrentado”*. Mais uma vez os aspectos sociais entram em jogo e a contextualização dos conteúdos torna-se essencial. Seria possível relacionar isso com a afirmação de Vergnaud de que um conceito só tem sentido na situação? Em um trabalho anterior, Delizoicov aponta uma importante questão sobre as representações dos alunos: *“que necessidade(s) levou(aram) os alunos a conceberem tal conceito? O que os alunos querem ‘explicar com os conceitos que estão usando’?”* (DELIZOICOV, 1991, p.124).

A exceção desse último, os demais estão mais relacionados ao tempo longo da psicogênese da aquisição do conhecimento. A questão da problematização nos parece assumir

48 O termo modelo é aqui entendido do ponto de vista didático e não como representação mental.

importância especialmente nas duas primeiras etapas da superação dos obstáculos à aprendizagem apontados por Astolfi (1994): a localização e o confronto dos saberes (fissura). E, embora a alternativa da devolução *versus* contra-devolução que propomos como caminho possível para a superação dos obstáculos à aprendizagem articulado à noção de objetivo-obstáculo esteja no campo didático, as discussões sobre a TCC nos mostram que um tratamento desses obstáculos não pode se reduzir nem ao campo social unicamente, nem ao campo cognitivo, mas com o auxílio de ambos, já que a redução a qualquer um dos dois tende a conduzir a resultados pobres.

CAPÍTULO III

A FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA PARA A ESCOLA MÉDIA: UM PROBLEMA DE TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA?

3.1 A FÍSICA E SEU OBJETO DE ENSINO

O Ensino de Física da educação básica no Brasil vem passando por sucessivos cortes, quantitativos e qualitativos. Cita-se, por exemplo, a tendência⁴⁹ de redução da carga horária do EM destinada à Física. Em números, os alunos deste nível de ensino perfazem aproximadamente⁵⁰ 150 horas de aula de Física, compartilhada com outras “obrigações” do ambiente escolar, como reuniões, provas, chamadas etc, agregado a eventos como feriados, greves, visitas, faltas de professores etc. Subtraído todos os pormenores, é temido recalcular as horas efetivas dedicadas a Física no EM.

Mas este curto período é na maioria das vezes o único para os estudantes que chegam a esse nível de ensino. Cabe então à Física Escolar privilegiar determinados objetivos. Segundo os PCN+:

A Física deve apresentar-se como um conjunto de competências específicas que permitam perceber e lidar com os **fenômenos** naturais e tecnológicos, presentes tanto no cotidiano mais imediato quanto na compreensão do universo distante, a partir de princípios, leis e **modelos** por ela construídos. (...). Ao mesmo tempo, a Física deve vir a ser reconhecida como um processo cuja a construção ocorreu ao longo da História da humanidade, impregnado de contribuições culturais, econômicas e sociais, que vem resultando no desenvolvimento de diferentes Tecnologias e, por sua vez, por elas sendo impulsionado (BRASIL, 2002, p.59, grifo nosso).

Destaca-se na citação acima as palavras fenômenos e modelos, e nos comprometemos definitivamente com tais. Esse comprometimento justifica-se em “função” da posição estratégica dos modelos para compreensão dos fenômenos, que é o objeto central da Ciência Física, e que também deveria ser na Física Escolar. Também se pode observar, por exemplo, que em LD, tradicionalmente utilizados no EM, o fenômeno normalmente se apresenta distante da Física que se passa na sala de aula (REZENDE JR, 2001).

⁴⁹ A carga horária da disciplina Física pode variar em função do PPP da instituição escolar. Foi usada como referência a carga horária sugerida pelas secretarias de educação do estado de Santa Catarina, Bahia e Mato Grosso do Sul.

⁵⁰ Tomando como base períodos de aula de 45 minutos, com duas aulas semanais durante os três anos do EM

Expor o aluno ao processo de construção de uma interpretação de fenômenos e de sua modelização é fundamental para que ele se capacite a analisar outras situações físicas e ganhe um entendimento sobre o processo científico, tanto nos aspectos específicos quanto nos aspectos sociais e históricos.

Mas ao que parece, existe no discurso didático da Física uma contradição interna, visto que, ao mesmo tempo em que se diz que a Física é uma teorização sobre fenômenos naturais, a natureza e os seus fenômenos pouco aparecem nos livros texto e nos cursos de Física em diversos níveis. Talvez, uma das razões desta contradição esteja no fato de que um dos resultados finais da Física, e um de seus objetivos, é a formulação de teorias abstratas suficientemente genéricas que se apliquem a uma classe inteira e universal de fenômenos.

Historicamente, as perguntas que levaram ao desenvolvimento de Teorias Físicas surgem de fenômenos seminais que centram as atenções de toda a comunidade científica. O debate sucessivo sobre um tema, com as diversas interpretações e proposições de modelos reflete tanto as visões ousadas como as visões mais paradigmáticas dentro da Física. A radioatividade⁵¹ é um exemplo, pois um longo processo com modelos e interpretações diversas levou ao que se conhece hoje como radioatividade.

No entendimento deste trabalho, privilegiar o fenômeno será interpretado como uma forma dinâmica de interpretar a inter-relação entre o fato empírico e sua teorização e, neste sentido, fazer fenomenologia seria o enfrentamento do problema fazendo aproximações, abstraído, usando e trazendo conceitos à tona, descrevendo o fenômeno, entendendo a dinâmica ou validando outras tantas perguntas científicas seminais cujo papel histórico permite aprender o processo de construção dos modelos e teorias. Neste caso, o fenômeno é muito mais que um amontoado de dados empíricos.

Assim, espera-se que, ao privilegiar o lado processual da Ciência, o tratamento de fenômenos através de modelos trará naturalmente as questões dos conflitos entre as diversas visões da Ciência, entre concepções científicas e Concepções Alternativas e diferenças entre modelos e processos de modelização.

Assume-se aqui a posição de que os modelos fenomenológicos podem desenvolver uma melhor visão da dinâmica de construção das teorias científicas. O processo de modelização, qualitativa e quantitativa, pode ainda permitir um vínculo mais orgânico entre a

⁵¹ Ver mais detalhes em Martins (1990), *Como Becquerel não descobriu a radioatividade*.

Física e a Matemática utilizadas. Mas, como argumenta Custódio (2002, p.7) *a construção de modelos ainda constitui uma lacuna para o Ensino de Física.*

A preocupação com a falta de atividades que propiciem a construção de modelos e o processo de modelização como atividades escolares também é discutido em Hestenes (1987), sendo o autor é enfático, ao afirmar sobre esse assunto, que a forma e os métodos tradicionais de Ensino da Física Escolar são inadequados, pois não resultam em estratégias de modelização. Tais conclusões baseiam-se em um extenso trabalho de pesquisa, sobre o aproveitamento escolar de cerca de 12000 estudantes em escolas secundárias e também no nível superior (HESTENES, 1996).

Com os estudos de Hestenes, temos como indícios duas grandes fontes para a reflexão que contemplaremos nessa pesquisa. Primeiramente, que o problema do Ensino de Física no Brasil não passa somente pela baixa remuneração salarial dos professores ou pela falta de laboratórios, por exemplo, já que, em situações onde os professores têm uma carga horária semanal adequada, recursos para elaborar suas aulas como laboratórios e equipamentos, além de serem providos de uma remuneração justa, aparentemente enfrentam problemas semelhantes. Ou seja, dificuldades inerentes ao objeto, no nosso exemplo a Física Escolar e o seu ensino tendem a transcender as fronteiras simplesmente econômicas e sociais. Ainda assim, é inegável a idéia de que a aplicação de recursos no intuito de possibilitar qualquer diferencial trará novos elementos à aprendizagem, quase todos de maneira positiva.

Os estudos realizados por Hestenes e colaboradores analisaram conceitos pertencentes à Física Newtoniana, e o mesmo serviu de referência para outras investigações, principalmente sobre concepções espontâneas (HALLOUN, 1996; MINTZES *et al* 2000; STEINBERG, 2000), onde se verifica convergências nas conclusões, por exemplo, de que os conceitos errôneos dos estudantes são basicamente os mesmos, independentemente do nível da clientela.

Mas como já enunciado acima, um ponto marcante nos trabalhos de Hestenes é a posição aderida pelo autor sobre a importância da construção de modelos⁵² e o processo de modelização no Ensino de Física, tanto no nível superior como na educação básica.

A principal justificativa utilizada por Hestenes é de que, além dos ganhos na aprendizagem e na caracterização menos deturpada do que venha a ser a Física, o próprio

⁵² Para Hestenes, um modelo científico é a representação da estrutura em um sistema físico e/ou suas propriedades e processos, e que o pensamento científico constitui-se da criação e uso de modelos.

pensamento científico se caracteriza pelos processos de modelização, sendo que o seu poder de pensamento requer obrigatoriamente poderosas ferramentas para a modelização dos fenômenos, ou seja, a chave do sucesso da Física em desvelar e aprender com os fenômenos naturais só são desenvolvidas através da modelização, e devido a tal condição, esse assunto deve ter um papel central no que se refere às prioridades para a educação científica (HESTENES, 1993).

Assim, Hestenes (1993) não poupa argumentos para explicar que a principal atividade dos cientistas é modelizar, sem, contudo deixar de mencionar que tal tarefa constitui-se como uma atividade altamente complexa e que requer a coordenação de vários tipos de atividades de modelização (HESTENES, 1996). No que concerne à aprendizagem dos estudantes, Hestenes enfatiza que tais atividades são essenciais para ajudá-los a coordenar suas habilidades cognitivas, além de propiciar uma familiarização com os modelos básicos em cada Ciência.

Em uma perspectiva pedagógica, a principal razão pela adoção da abordagem de modelização é ajudar os estudantes a desenvolverem de forma mais coerente, flexível e sistemática um entendimento da Física (HESTENES, 1995, p. 608. Tradução nossa).

As considerações de Hestenes sobre os modelos, sua estreita relação com a produção do conhecimento Físico e a característica central no processo de ensino e aprendizagem é também compartilhada por Pinheiro et al (2001).

Nesse sentido, se comungamos dessas considerações, torna-se fundamental focalizar nossa atenção nos cursos de formação inicial, principalmente daqueles cursos que se propõe a formação de Físico-Educadores. Sobre esse ponto, Hestenes discorre baseado principalmente em sua vasta experiência como docente e editor de uma importante revista de Física, que cursos tradicionais de Física enfatizam a resolução de problemas, considerando que sua solução são unidades do conhecimento científico.

Segundo o autor, essas unidades estão erradas, pois as atividades centrais deveriam ser os modelos, sendo que as atividades de modelização deveriam apresentar-se explicitamente nos currículos dos cursos de Física, pois na maioria das vezes, acabam por aparecer de forma mascarada, superficial e às vezes como atividade pronta, contradizendo os objetivos do Ensino de Física (HESTENES, 1996), principalmente por distorcer a visão da Física devido a artificialidade dos problemas propostos nos livros textos (WELLS et al, 1995, p. 609).

Nos tradicionais livros texto de Física, geralmente tem-se, de forma geral, a apresentação das Teorias Físicas como prontas. Após um desenvolvimento formal das

mesmas, os estudantes são apresentados a exemplos que o exercitam no formalismo, mas que vagamente tratam o fenômeno cuja investigação levou à construção do mesmo formalismo. Assim, quando muito, o fenômeno é apresentado como um exemplo que confirma a teoria que fora exposta anteriormente.

E ainda, conforme destacamos anteriormente ao discutirmos sobre o LD e a dependência dos professores, é característica a observação de que eles, na sua maioria, trazem situações modelizadas prontas, sem qualquer tocante ao processo de modelização para se chegar àquele modelo. Sendo assim, não fica claro quando se trata de um modelo ou da realidade em si, o que nos leva a conclusão de que, aparentemente, a escola cria uma realidade própria.

O que se apresenta nas situações escolares são, antes de tudo, aplicações próprias do contexto escolar, donde se tem como decorrência direta que os conteúdos ensinados na escola são sempre preteridos em relação a outros, mais funcionais, que de certa forma dêem conta da realidade. Assim, aparentemente a forma como o conteúdo é apresentado tradicionalmente na escola só serve para interpretar situações da “Física”, e não do nosso mundo cotidiano.

Na Física, a Fenomenologia⁵³ pode ser entendida como uma modelização de fenômenos específicos, isto é, a construção de modelos teóricos apoiados em hipóteses simplificadoras, que buscam o que de mais relevante é necessário para o entendimento do fenômeno.

Por exemplo, na Física Molecular, a descrição de uma molécula pode ser feita a partir das interações fundamentais entre os elétrons e núcleos e entre elétrons-elétrons. O enfoque a

⁵³ Existem outras acepções à palavra fenomenologia, que podem se aproximar ou afastar das assertivas feitas nesse trabalho. Para Greuel (1996), claramente com preocupações e fundamentações filosóficas, a fenomenologia é a tentativa de resgate do contato original com o objeto perdido em sofisticadas especulações abstratas ou em reduções matemáticas e quantificadoras do campo de vivência do ser humano, enquanto ser cognoscente. Apesar de ter uma História, ela sempre tem que começar de novo porque não se contenta com os conhecimentos descobertos e guardados no passado e visa, em primeiro lugar, à compreensão nova e atual, ou seja, o fenômeno não pode ser conservado, ele tem que ser visto sempre de novo. A fenomenologia assim definida reflete a ação científica na Física, pois fazer Física seria uma tentativa de, através de especulações abstratas, conceituar e quantificar o objeto, transformando-o em conhecimento e buscando resgatar o que há de essencial. Na Física, a fenomenologia tem um sentido próximo à colocação feita por Greuel (1996), pois ela é, principalmente, o processo teórico e experimental de transformar um dado empírico num fenômeno interpretado e teorizado. Mas tal consideração não pode ser confundida com a tradicional corrente filosófica denominada Fenomenológica que teve como precursores Franz Brentano e Edmund Husserl, sendo seguidos por Maurice Merleau-Ponty e Martin Heidegger, dentre outros, visto que não está sendo considerado o mesmo objeto, nem possuem os mesmos pressupostos. O objeto da fenomenologia de Husserl é a Teoria do Conhecimento, portanto o objeto da fenomenologia em sua acepção não é mais o objeto da Física. Neste caso o desenvolvimento da fenomenologia é visto como a análise da forma como as coisas são dadas à consciência, ou seja, o campo de investigação para Husserl é o campo da consciência pura e seus estados frente ao objeto puro, o objeto intencional, o fenômeno.

partir de primeiros princípios nem sempre é factível por motivos computacionais e nem sempre é o mais elucidativo. A modelagem de fenômenos, como vibrações e rotações através de modelos simplificadores, permite um entendimento maior, assim como permite avanços conceituais no conhecimento científico.

Retomando as nossas considerações feitas anteriormente, quando descrevemos aqui a necessidade de se focar o fenômeno físico como meio de resgate de importantes elementos da Ciência, da História e suas relações sociais, é preciso considerar que, mesmo elegendo os fenômenos e os processos de modelização como um dos objetivos principais do Ensino de Física e como parte constitutiva do conhecimento de Física a ser trabalhado na educação básica, há especificidades intrínsecas a qualquer objeto de ensino, quanto aos seus pressupostos teóricos e também quanto aos objetivos educacionais. De uma forma geral, no Ensino de Física, devemos estar sempre atentos à elaboração de estratégias que possibilitem construção de modelos, por parte dos estudantes, mais consistentes com os modelos conceituais, e isto requer a necessidade de aproximação entre o Ensino de Física e a Física como Ciência estabelecida e socialmente construída.

No que concerne à FMC, por exemplo, o objeto quântico tem pressupostos e fundamentações diferentes dos objetos que são tradicionalmente ensinados, o objeto clássico. Em uma abordagem que enfatize o fenômeno, elemento fundamental na construção e elaboração de uma Ciência é obrigatório considerar essas diferenças, ou seja, a necessidade de redefinir o objeto de estudo. Tal redefinição pode ainda variar em função dos objetivos e do nível de ensino.

No curso superior, um exemplo característico deste problema pode ser visto no programa de Estrutura da Matéria ou Física Moderna, disciplina tradicionalmente ministrada para licenciandos. Esta disciplina geralmente varre áreas como: Física Atômica, Física Molecular, Estado Sólido, Mecânica Estatística e Partículas Elementares. Isto termina por criar um *pout pourri* de informações que, muitas vezes, são entendidas pelos alunos como curiosidades desconexas.

A intenção desta disciplina poderia ser interpretada com a de uma primeira apresentação do tema, a ser complementada com outras disciplinas mais específicas como

Mecânica Quântica, Física Nuclear ou Estado Sólido. Entretanto, para alunos de licenciatura, por exemplo, esta disciplina tem sido uma disciplina terminal⁵⁴.

Os cursos de Estrutura da Matéria ou Física Moderna são peculiares visto que, ao tentar introduzir de forma quase histórica os desenvolvimentos que levaram da velha MQ à MQ atual, se é obrigado a discorrer sobre os vários modelos criados e sobre a fenomenologia que os levaram a surgir. Este desenvolvimento é essencialmente diferente da forma mais postulatória, axiomática e formal dos cursos de MQ e também de cursos como Mecânica Analítica, Teoria Eletromagnética.

Entretanto, este mergulho obrigatório na fenomenologia ao se inserir dentro do contexto tradicional, termina por se adaptar gerando uma ênfase maior ou menor, dependendo daquele que ministra a disciplina, no ensino de métodos que serão revistos mais formalmente em MQ. Assim, a riqueza do processo de criação de modelos, do debate das diferentes interpretações, termina por ser minimizado. É importante notar também que os graduandos nestas etapas de sua formação⁵⁵ tendem a resistir ao debate mais fenomenológico, e ao se sentirem perdidos, muitas vezes, solicitam explicitamente que as questões e problemas sejam do tipo tradicional.

E quando existe um segundo curso de Estrutura da Matéria, conforme mostrado na análise das estruturas curriculares de várias instituições, os graduandos acabam por entrar em contato com as áreas de fronteira como Física Nuclear, Partículas Elementares e Matéria Condensada. Nesse caso, também se exige um mergulho dentro da fenomenologia e do processo de modelização, mas, devido à quantidade de assuntos e diferença de enfoques, termina-se por transformar também esse segundo curso em outro *pout pourri* de informações, que se espera sejam aprofundados posteriormente.

Desta ambigüidade, entre uma prática tradicional mais axiomática e um assunto cuja fenomenologia tem necessariamente que ser discutida, nasce a grande dificuldade de definir programas para o EM. Enquanto na FC se tem um caminho claro para simplificações, em geral no nível do formalismo, que se acham adequadas para o EM, na FMC isto não é tão

⁵⁴ Em várias instituições consultadas, como a UFSC (Estrutura da Matéria I e II), UDESC (Física Moderna I e II), UFRGS (Física do século XX A e B), UFPR (Física Moderna), UNESP – Bauru (Estrutura da Matéria I e II), UCB (Física Moderna I e II), UFC (Princípios de FM), UFMA (Física Moderna), UFPI (Introdução à Física Moderna) a disciplina Estrutura da Matéria ou Física Moderna inicia e encerra o contato formal dos Licenciandos com elementos de FMC. Os dados obtidos foram acessados via PPP e estruturas curriculares disponíveis via WEB, acessados nos sites institucionais oficiais e confirmados em 10/03/2006.

⁵⁵ Apesar de não explicitarmos através das entrevistas realizadas nesse trabalho, essa consideração fica evidente e serão apresentadas a seguir.

óbvio. Transpondo a consideração acima para o EM, o problema tende a agravar-se, visto que a maioria dos estudantes não continuará seus estudos em Física.

Defendemos então que a repetição do modelo do curso superior para o EM, calcado em programas e metodologias na tradição estabelecida pelas disciplinas do tipo Estrutura da Matéria para a introdução de FMC no EM, pode levar a um fracasso retumbante.

Tal preocupação tem sua raiz baseada em reflexões sobre o Ensino de Física de uma forma geral. Como toda a transição, ou seja, todo o processo de implantação e adaptação dos temas, tópicos, conceitos e exemplares da FMC para a escola média serão feitos pelos professores, e que os cursos de formação de professores têm demonstrado dificuldades em formá-los (PERRENOUD, 1997, 2001; PEREIRA, 2000; CARVALHO, 2001) para desempenhar o seu papel no sentido apregoado pelos DCNEM, PCN e PCN+ (ZIMMERMANN; BERTANI, 2003), principalmente em relação a propostas novas, como a introdução de FMC, fica a pergunta de como seria tal transposição, respeitando a autonomia e empenho individual de cada professor.

Tomando como referência as entrevistas realizadas sobre o pretenso caráter da FMC na escola média apresentada no Capítulo I, onde foi possível sintetizar colocações sobre a falta de exemplares compatíveis com tais atividades durante a formação inicial, é passível de questionamento a efetividade de tal empreendimento, principalmente por se tratar de um corpo de conhecimentos cuja transposição não é tão diretamente realizada (BROCKINGTON; PIETROCOLA, 2004).

Assumindo a assertiva de que tais motivações devessem ser contempladas durante a sua formação inicial, restaria indagar em que momento, durante o curso, os licenciandos em Física teriam a possibilidade de se depararem com situações diferentes da tradicional, ou seja, onde realmente exercitassem a dinâmica da construção de modelos visando à explicação dos fenômenos físicos? Tal pergunta poderia ser respondida de maneira simples e direta: em todas as disciplinas do curso de licenciatura em Física!

Mas é sabido que a exigência pelo cumprimento das extensas ementas das disciplinas de cunho específico, pela clássica formação dos professores (atualmente formadores), restrições ideológicas e a pressa para se chegar ao âmago das teorias científicas, colabora em muito, para que se pule a etapa de entender a dinâmica da Física, com seus modelos e teorias, fenômenos e linguagem própria.

Em outras palavras, qual é o momento onde é possível privilegiar aos professores uma situação diferenciada dentre as disciplinas dos cursos de formação, para que minimamente haja a discussão, exploração e construção de situações exemplares passíveis de adaptação a outros níveis escolares, ou ainda, uma idéia que aproxime a dinâmica da Física para sua futura transposição em outros níveis de ensino, como o EM, e não somente para situações que envolvam temas de FMC, mas todo corpo de conhecimentos envolvendo a Física?

Espera-se que a partir da exposição e análise realizada no capítulo seguinte, seja possível abrir novas frentes de discussão sobre a formação inicial de licenciados em Física, bem como buscaremos dar encaminhamentos para a pergunta acima, visando a projeção de um quadro mais próximo dos preceitos de um ensino voltados ao reconhecimento de uma Física como componente da cultura contemporânea, articulado ao desenvolvimento das competências que permitam perceber e tratar os fenômenos e Tecnologias.

3.2 OS LIMITES DE UMA TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA TRADICIONAL PARA A FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO ENSINO MÉDIO.

Compreender os processos pelos quais os conhecimentos produzidos pelos cientistas chegam até os alunos da educação básica, por exemplo, não é uma tarefa trivial. Primeiramente por contemplar inúmeras variáveis que nem sempre podem ser isoladas, e também pelas especificidades e objetivos das diversas áreas do conhecimento no universo científico e escolar.

Uma contribuição significativa encontrada na literatura, constituída de um instrumento de análise do processo de transformação do conhecimento é o conceito de TD introduzido em 1975 por M. Verret (ASTOLFI, 1997) e, em 1985, rediscutido por Chevallard⁵⁶ em seu livro *La transposition didactique*, onde o autor organiza e estrutura o conceito de TD, no Ensino da Matemática. Nesse intervalo de tempo, em 1982, Chevallard e Jolsua já faziam uso desse conceito em sua obra *Un exemple d'analyse de la transposition didactique – La notion de distance*.

Em 1991, motivado pelas reações surgidas decorrentes de seu trabalho, Chevallard agrega um “apêndice” na segunda edição de sua obra *La Transposition Didactique* no intuito de “aparar arestas” teóricas e ampliar a sua compreensão.

Como já havíamos exposto anteriormente, compreender como um conhecimento (em uma esfera que requer uma análise epistemológica) chega até a escola, é provido de um grande potencial e com profundas implicações no processo educacional, principalmente quando se tem como um objetivo ensinar “algo”, e não “qualquer coisa”. Como ferramenta de análise, a TD é um instrumento que chamou a atenção de pesquisadores, que por diferentes vieses, contribuíram para que a idéia de TD pudesse ser discutida fora do âmbito em que foi gerada⁵⁷.

Em uma versão já “abrasileirada”, documentos oficiais como as DCNEM utilizam essa terminologia para a indicação do que venha a ser os conteúdos a serem ensinados; contudo, tal compreensão não se remete diretamente a interpretação dada por Chevallard.

⁵⁶ Chevallard, Y. confere a origem do termo Transposição Didática à Michel Verret. (VERRET, M. *Lê temps de études*. Paris: Honoré Champion, 1975).

⁵⁷ Para maiores detalhes ver Pinho Alves, 2000a, 2000b; Pinho Alves et al., 2001.

O uso inadequado da Transposição Didática, designando tão somente as transformações dos saberes até chegar na escola, tem se tornado comum na literatura atual, em especial no Brasil, onde é bem menos conhecida (RICARDO, 2005, p. 155).

No sentido cunhado por Chevallard, TD é um processo no qual:

Um conteúdo do saber tendo sido designado como saber a ensinar quando sofre, a partir daí, um conjunto de transformações adaptativas que o levam a tomar lugar entre os objetos de ensino. O trabalho em tornar um objeto do saber a ensinar em objeto de ensino é denominado de Transposição Didática (CHEVALLARD, 1991b, p. 39).

Mas para tornar-se um saber a ensinar, é necessário que o conhecimento produzido pelo cientista sofra uma espécie de *degradação* (CHEVALLARD 1991b, p.47). Assim, Chevallard (1991) amplia e rediscute as idéias iniciais de M. Verret, no intuito de fornecer uma visão organizada das transformações dos saber escolares, que se dá por três diferentes processos, denominados de *Despersonalização*, *Descontextualização* e *Desincretização* (Pinho Alves, 2000a, p. 227), ainda que diferenciados da idéia inicial de M. Verret.

A Despersonalização acontece na maioria das publicações científicas, pois perde-se a dimensão do problema em que o pesquisador estava inserido. O conhecimento aparece dentro de uma pesquisa impessoal e tudo aquilo de humano que compôs sua elaboração, desaparece.

A Descontextualização, processo verificado principalmente no caso das Ciências exatas, trata da supressão da História a que a pesquisa estava ligada. Para que os resultados obtidos possam se prestar a uma generalização, o pesquisador descola do contexto o problema particular que se pretendia resolver.

A Desincretização acontece fora do ambiente onde a pesquisa se originou. Fora desse ambiente, o conhecimento é tido como um tópico específico, pois não estabelece relações de conexão com o problema em que estava imerso. É necessária, então, uma recontextualização para que, após um conhecimento ter sofrido deformações, torne-se um objeto de ensino.

Resumindo os passos acima, *os processos de despersonalização, desincretização e de descontextualização, aos quais o saber é submetido, faz com que ele seja despido de seu contexto epistemológico, histórico e linguagem própria* (PINHO ALVESa, 2000, p.227). Aliás, Pinho Alves e Pietrocola conduzem uma significativa contribuição, ao refletirem sobre variações, aplicações e adaptações da TD aos nossos cenários.

Trazendo tais categorias para o ensino, por exemplo, dentro do contexto da Mecânica, Termodinâmica e Eletromagnetismo, a descontextualização, despersonalização e desincretização vão ao encontro da tradição do Ensino na Física, onde se tem uma teoria

quase axiomatizada que privilegia a seqüência: linguagem formal, princípios e fundamentos, e aplicações.

Tal fato pode ser observado na maioria dos livros utilizados no Ensino Superior, em cursos básicos e em cursos mais avançados, além dos livros do EM. Mas colocar em dúvida o que é ensinado não é trivial, pois haveria sempre um entendimento de que, no fundo, se estaria discutindo qual a relevância da Ciência para a nossa sociedade. E isto não é muito simples, pois o status do saber de referência produzido pelos cientistas é conferido pela cultura, ou seja, muito mais amplo do que simplesmente sua validação restrita por pares.

Então, em um sentido limitado, a exposição dos conceitos dentro de uma concatenação lógica e quase linear, tenta sintetizar o processo longo e penoso de construção do conhecimento científico. Esta síntese vai em direção de se ensinar os resultados do processo científico, mas evidentemente não dá conta de tratar o próprio processo científico em si.

Por outro lado, a síntese e linearização (ou logicização) do discurso científico são didaticamente bem aceitas pelos professores, pois pretensamente se chega mais rapidamente ao âmago das teorias científicas, tornando-se com isso mais econômico na questão temporal, pois definem uma escala mais de acordo com o tempo escolar. Devido à caricatura construída sobre a disciplina de Física no EM, disciplina considerada difícil pelos alunos, é comum nos depararmos com professores tentando exemplificar grosseiramente vários fenômenos e sintetizando célebres discussões a simples verbetes e fórmulas matemáticas. Levando ao extremo as sínteses e a questão temporal, temos uma possível razão do “sucesso” dos cursinhos pré-vestibulares.

Neste sentido, há indícios que esta forma de TD forjou a maioria dos professores a estabelecerem um padrão de como a Física na escola deve ser apresentada, podendo isto, de certa maneira, criar obstáculos para tratar de conteúdos que não sigam este padrão, como, por exemplo, a passagem de elementos de FMC dos cursos universitários para o EM.

Na FMC, por exemplo, a tradição, se tomada a partir dos livros universitários de Estrutura da Matéria, não se encaixaria perfeitamente dentro dos processos de Descontextualização, Despersonalização e Desincretização. A seqüência de livros⁵⁸ tradicionais é aproximadamente histórica (mas sem a História): Radiação do Corpo Negro, Efeito Fotoelétrico, experiência de Rutherford, Modelo de Bohr, aperfeiçoamento de Bohr-

⁵⁸ O livro FÍSICA QUÂNTICA de Eisberg e Resnick (1994) é tradicionalmente o livro texto usado na maioria dos cursos de Física no Brasil.

Sommerfeld, hipótese de DeBroglie, teoria de Schrödinger, hipótese do Spin, notas sobre as correções relativísticas e da teoria de Dirac e, finalmente, rápidas descrições do efeito Lamb. Encontramos ainda referências aos átomos multieletrônicos, à tabela periódica, às moléculas e seus modos de excitação e os espectros correspondentes, às distribuições estatísticas e ao calor específico dos sólidos. Esta parte finaliza a base da Física Moderna, partindo daí para sistemas mais complexos e/ou outras áreas da Física, como Física do Estado Sólido, Física Nuclear e Partículas Elementares.

Pode-se observar que na primeira parte descrita, que finaliza a base da Física Moderna, o enfoque é uma releitura histórica e, de alguma forma fornece uma certa noção do desenvolvimento e do processo científico, onde não é passível de ser colocada dentro de uma estrutura lógica e linear, e o que gera a necessidade de discussões envolvendo a evolução dos conceitos, conseqüentemente, refletindo no pensamento sobre os processos da construção do conhecimento.

Devido a essa impossibilidade de linearização, uma possibilidade evidente pauta-se na discussão dos fenômenos e sua modelização. Por exemplo, existe entre a visão de Bohr e Schrödinger bem mais que um desenvolvimento puramente lógico, a partir das mesmas premissas. Neste caso, a Descontextualização, Despersonalização e Desincretização não são termos bem aplicados, ou necessariamente precisam de adaptações.

Há ainda outros entraves no que tangem a inclusão efetiva e significativa da FMC no EM, por exemplo, e que fazem menção de forma direta a análise sobre a TD. A dificuldade inerente a esse corpo de conhecimento em tornar-se rapidamente operacionalizável e diretamente mensurado através dos testes e avaliações. Este ponto é abordado também por outros autores.

A dificuldade apresentada em não se conseguir operacionalizar diretamente na forma de exercícios, questões de prova, de fácil mensuração têm afastado os professores desses temas, e reforçando ainda mais os clássicos e combatidos temas como cinemática, termometria, etc (BROCKINGTON; PIETROCOLA, 2004).

Recorrendo também a outras análises decorrentes da TD de Chevallard (1991), parece haver uma necessidade escolar em operacionalizar em exercícios para o treinamento e avaliação, principalmente sob o olhar de professores. E essa observação não deve ser tomada com o mínimo de espanto, visto que é perfeitamente aceitável, principalmente em função da formação inicial de licenciados de Física, que tendem a reproduzir sua formação centrada na

resolução de extensas listas de exercícios, que são rapidamente adaptáveis para sua respectiva avaliação em provas e exames.

Nesse caso, parece que a Física do século XX teria dificuldades intrínsecas em enquadrar-se nessa tendência escolar, face às suas características conceituais e sua descrição.

De fato, observa-se que os objetos de ensino que permitem a elaboração de exercícios e problemas são mais valorizados no espaço escolar, em detrimento daqueles que ficam restritos a argumentação teórica (PINHO ALVES, 2000a, P.238).

Mas mesmo tendo como um objetivo secundário em nossa análise o EM, acreditamos que propostas, como a de Brockington e Pietrocola (2004) é limitada, pois há certas incompatibilidades com nossos pressupostos, principalmente quando afirmam que:

É necessário criar uma nova rota, capaz de contornar o obstáculo gerado pelo formalismo matemático, inerente a essas novas teorias, criando atividades que tenham maior ênfase na argumentação de cunho filosófico, privilegiando o debate e as características mais qualitativas do conhecimento (p.11).

As divergências de nossas idéias com a colocação acima são patentes, pois os autores citados caracterizam a linguagem matemática como um obstáculo quase intransponível. Ou seja, advogamos aqui, que talvez a linguagem matemática não seja o (único ou o maior) obstáculo, mas talvez, o maior deles esteja na natureza conflitiva da temática e a ausência de propostas que considerem as diferenciações dos objetos (moderno e clássico), a ausência do processo de modelização pelos estudantes, seja da Educação Básica ou licenciandos em Física, e a descaracterização do fenômeno a ser estudado. Isto é, o conteúdo referente à FMC impõe atividades e discussões que claramente não se enquadram ao tipo tradicional de situações escolares, o que necessariamente exigem sentidos que também não são os tradicionais.

Por exemplo, tentativas de eliminar disciplinas clássicas da formação de licenciandos como Estrutura da Matéria, substituindo-a por Mecânica Quântica é claramente um “ato falho”, ou seja, nada mais é que uma tentativa de reconstruir para a FMC as situações escolares tradicionais.

Se remontarmos ainda o quesito “linguagem matemática” referente à MQ, observaremos que a mesma envolve conceitos conhecidos como espaços vetoriais, álgebra de matrizes ou equações diferenciais simples. Um formalismo em geral muito menos “pesado” do que o referente ao Eletromagnetismo ou a Mecânica Analítica. No entanto, em Estrutura da Matéria, este formalismo (ou os aspectos mais formais dele) não é exigido de forma imediata, pois claramente são necessárias abordagens que incitem características mais qualitativas do

conhecimento, o que obriga aos docentes responsáveis por essas disciplinas um trabalho que rompe com a forma mais “direta” (e tradicional) de se chegar ao âmago das teorias científicas. Talvez esteja aí uma das grandes dificuldades em se encontrar professores (aptos e voluntariosos) para ministrar cursos como o de Estrutura da Matéria no Ensino Superior, e conseqüentemente, o seu paralelo no EM.

Ainda assim, optamos por definir melhor o que venha a ser as “características qualitativas do conhecimento”, válidas não somente para o corpo de conhecimento referente à FMC, mas para toda a Física Escolar de maneira geral. Conforme defendido anteriormente, pauta-se nos processos de modelização, tão fundamentais para a Ciência Física quanto para a Física Escolar, e a exaltação do fenômeno como objeto central do Ensino de Física.

E antes que possamos ser questionados quanto à diferenciação feita entre a Física Escolar e o objeto da Ciência Física, adiantamos a interpretação sobre por que a TD pode configurar-se como uma violência contra a integridade do ato de ensinar, principalmente no âmbito cognitivo, pois na compreensão de Ricardo (2005), colocar em dúvida o saber que é ensinado na escola incorreria em questionar a relevância da Ciência para a sociedade (p. 157).

Depois de constatado que há diferenças entre, por exemplo, entre a Física ensinada na escola e a Física dos físicos, a credibilidade assegurada pela legitimidade epistemológica atribuída a Física não é garantida para seu ensino (RICARDO, 2005, p.157).

Já em uma perspectiva escolar, pode ainda haver outros complicadores nas considerações acima, pois, enquanto se justifica o Ensino da Física na escola básica com base nos benefícios sociais que a Ciência proporciona, existe naturalmente certa tranquilidade, mas quando, principalmente para os professores, é mostrado que a Física Escolar não é exatamente aquela Física científica, passa a existir um clima de inconstância. Nas palavras de Chevallard, *nenhum saber ensinado se autoriza por si mesmo* (CHEVALLARD, 1994, p.146). Nesses termos, parece claro que a pesquisa científica justifica-se por si mesma, mas no seu ensino não necessariamente.

Então, uma análise sobre a FMC para o EM referenciada nas idéias de TD não se encaixa dentro do padrão usual, o que gera a necessidade de reflexão sobre o fim de alguns vícios, e de uma forma tradicional de agir dos professores deste nível de ensino. Esse ponto também é observado por Silva *et al* (2005). E aqui reside a insistência por uma Transposição específica, pois moldada pela tradição, acaba por enfatizar muito mais o formalismo e os aspectos quantitativos.

Dentro desta perspectiva, espera-se que, de posse dos instrumentos formais, os alunos que se dedicarão à pesquisa em Física, ao longo de sua formação como pesquisador, ao tratar fenômenos específicos, façam finalmente um mergulho nos aspectos conceituais e qualitativos. Porém, apenas através da formação inicial básica e terminal, os alunos, por exemplos licenciandos, não têm obtido os instrumentos para abordar situações físicas mais diversas, o que se torna um problema quando, na qualidade de professor, se vêem premidos a cumprir objetivos mais amplos como os apregoados pelos PCN e PCN+.

Para o EM, ainda existem outros agravantes, como por exemplo, o apego ao LD. Assim, se o livro não trata de FMC ou simplesmente tece breves comentários em leituras complementares como curiosidades, provavelmente esses assuntos não serão discutidos pelos professores, pois geralmente ficam classificados como conteúdos “extras”.

O fato desses conteúdos aparecerem como um tópico “extra” acaba ainda caracterizando-os diferentemente do restante do conteúdo, primeiramente pelo fato de ser uma leitura complementar, e com isso, não ser avaliado pelo professor; por ter uma linguagem informativa e não estar disposto na seqüência tradicional; não conter exercícios didaticamente operacionalizáveis, desvinculado-se do ferramental matemático.

Um outro fator que, de certa maneira, sugere implicitamente somente pequenas exposições informativas sobre FMC, e que guia o estudo de Física no EM, é o concurso vestibular⁵⁹. Devido às pressões em preparar os alunos para esse exame, que necessitam serem repensados com urgência, os professores tendem a priorizar o que realmente será cobrado nessas provas de ingresso ao Ensino Superior. Assim, se os elaboradores desses concursos, ainda que questionáveis, não se sensibilizarem sobre a importância dos elementos da Física do século XX, provavelmente, a FMC no EM ficará sempre marginalizada, ou em uma visão muito otimista, sofrerá grandes atrasos.

No EM, de forma ainda mais incisiva, o quadro de limitações se amplia e a busca por uma TD específica para a FMC é um imperativo. A necessidade de incorporação de temas modernos e contemporâneos não é trivial, pois não se trata simplesmente de abandonar a FC e se inserir conteúdos de FMC na escola média. Apesar das inúmeras respostas que foram trazidas à tona com o advento da relatividade e da MQ e do grande número de questões que surgiu com o seu desenvolvimento e suas interpretações, em nenhum momento pode-se esquecer que a FC também é revolucionária, viva e imprescindível.

⁵⁹ Um levantamento sobre a presença de FMC nos concursos vestibulares no Brasil está em andamento, sendo que resultados parciais encontram-se em REZENDE JR, *et al* (2005).

Outro fator também tem implicações diretas: o tempo. No exercício de seu trabalho de construção e de legitimação do saber, o cientista demanda tempo para tal, denominado de “tempo real” (CHEVALLARD, 1991). Nenhuma teoria é construída momentaneamente e não é difícil recorrermos à História das Ciências para elucidar alguns capítulos da sua construção, com suas correções, reformulações, inversões, idas e vindas de um necessário período de justificativas e adaptações.

Assim, quando um conhecimento científico desenvolvido no seu “tempo real” torna-se um objeto de ensino, este deverá se acomodar dentro de um “tempo lógico”, limitado pelas estruturas curriculares que são definidas por elementos da noosfera. Ao professor cabe a tarefa de administrar o “tempo lógico” com o tempo disponível para desenvolver seu trabalho, denominado de “tempo didático”.

Neste processo de TD pode-se perder totalmente o contexto histórico no qual um saber foi gerado e desenvolvido, devido à limitação do tempo didático. Como não é possível, nem com todo o tempo de vida do ser humano e, muito menos, com o tempo de escolaridade formal, reconstruir totalmente a historicidade na qual a Ciência está mergulhada, cabe ao professor destinar o tempo que julga correto a cada tema, de acordo com sua importância, independentemente do “tempo real” no qual foi desenvolvido. Assim, o fator tempo é também um obstáculo que pode fazer o professor do EM tentar moldar a FMC ao padrão usual ou, simplesmente, a verbetes informativos.

A consideração sobre o tempo absorve a necessidade da busca pelo nível adequado de formulação dos conceitos de FMC, pois o termo Níveis de Formulação de um Conceito parece introduzir um célebre tema no debate da inserção ou não da FMC no EM. Caracterizando melhor este conceito, Souza Cruz (2001) refere-se aos Níveis de Formulação de um Conceito como a variedade de enunciados necessários à construção de um conceito em função dos níveis de escolaridade dos alunos e dos problemas propostos.

Reportando-se à descrição feita por Souza Cruz (2001), pode-se questionar se a linguagem e o nível de complexidade das operações lógico-Matemáticas do aluno do EM são adequadas para enfrentar o estudo da FMC, ou se o aluno é capaz de refletir sobre as nuances epistemológicas presentes no debate científico.

No atual momento, vamos assumir que a resposta às questões acima é positiva, mas, sem dúvida, é uma preocupação definir os níveis de aprofundamento diante dos objetivos e do exíguo tempo, mesmo considerando que o nível adequado de formulação dos conceitos

passa pelo crivo da existência ou não de referenciais sociais onde o processo de aprendizagem possa se ancorar, tanto do ponto de vista cognitivo como no sentido de vincular este conhecimento aos aspectos sociais e tecnológicos.

Mas todas as considerações acima constituem um sentido restrito da TD, pois evidentemente há outros fatores, principalmente necessidades oriundas da sociedade, que também contribuem para a determinação dos saberes a ensinar. Tal crítica inicialmente advém de Caillot (1996), que embasado na sociologia dos currículos procura mostrar que os saberes produzidos pelos cientistas e pelas comunidades científicas em geral, também estão sujeitos às demandas sociais, denominadas como Práticas Sociais de Referência (PSR), ou seja, uma também possível referência dos saberes escolares, e não somente os saberes científicos.

Segundo Souza Cruz (2001, p.10), as PSR tratam “*da utilização de atividades sociais diversas para servir de referência para as atividades científicas escolares*”, sendo que as PSR estão presentes, servindo de apoio no processo de TD, e gerando a possibilidade de se pensar em várias características da TD (ASTOLFI, 1997).

Portanto, quando consideramos as PSR, as escolhas feitas na definição dos conteúdos não dependem apenas da sistematização do saber trazida do conhecimento científico, mas passam a depender também de vários fatores sociais que por sua vez não são tratados pela TD de Chevallard (1991). Mas apesar de aparentemente “desprotegida”, é preciso ressaltar que:

(...) antes de incorrer em incompreensões e armadilhas, é preciso esclarecer que a noção de Práticas Sociais de Referência nasceu, segundo Martinand (2003), nas Didáticas das Ciências experimentais e nas disciplinas tecnológicas e não teve como objetivo criticar e/ou complementar a teoria da Transposição Didática, embora tenha sido usada em articulação com esta, em alguns casos, para uma visão mais geral do problema (RICARDO, 2005, p.173).

Mas quais são as implicações das considerações acima em instâncias como a formação superior de licenciandos?

A pertinência de tal questionamento centra-se no fato de que quando se adotam as práticas sociais como referência aos saberes escolares, existe necessariamente uma imposição de se evitar uma transposição simples e direta conjuntamente com a aprendizagem de técnicas e ferramentas descontextualizadas.

E estariam os licenciandos sendo preparados para isto? Ou mais especificamente, será que os professores ou licenciandos reconhecem ou não as práticas sociais, por exemplo, relacionadas à FMC? A pertinência de tal pergunta deve-se ao fato de os assuntos de FMC

não serem reconhecidos nas práticas sociais ou no cotidiano (com algumas poucas exceções, como é o caso da radioatividade).

Mas antes de aprofundarmos nesses questionamentos (que serão tratados no capítulo seguinte) é forçoso registrar que, apesar do extensivo e criterioso trabalho desenvolvido e articulado pelos didatas franceses sobre o processo de TD, na interpretação decorrente deste trabalho, a TD será considerada aqui como todo ato de transformação de um conhecimento, desde o seu âmbito científico até sua forma definitiva que aparece na sala de aula. Isto indica que este termo não tem uma dimensão conceitual ou instrumental por si só. A TD é um fato, entretanto, que merece uma profunda reflexão.

O grande mérito de Joshua, Verret, Develay, Astolfi e Chevallard, foi o de desenvolver esta reflexão, sistematizando os passos e buscando encontrar algum rigor, de tal forma que se tornasse um instrumento de análise e que instrumentalizasse os processos tradicionais de TD. Vários dos termos e conceitos utilizados na TD (CHEVALLARD, 1991) serão utilizados por nós, porém, não nos apegaremos exclusivamente à visão dos autores e alguns dos termos poderão ter uma releitura.

Finalizando esta seção, é judicioso afirmar que, no que tange a introdução de FMC no espaço escolar médio e a formação inicial de licenciados em Física preparados para essa tarefa, a reflexão sobre a TD e seus processos são elucidativos para que se entenda a dinâmica e os problemas a serem enfrentados, e possibilite um direcionamento de tarefas interessantes a serem realizadas por pesquisadores e formadores em geral.

3.3 ENTRE A FORMAÇÃO E A INFORMAÇÃO: VISLUMBRANDO UMA INTUIÇÃO EDUCADA

A Física, sem dúvida, é um exemplo bem sucedido da construção do conhecimento humano e, na sociedade contemporânea, assume papel de grande importância e uma “posição” privilegiada entre as Ciências da Natureza. E é justamente por esse motivo que devemos voltar nossa atenção à Física Escolar, pois é nesse espaço que esse conhecimento, parte indiscutível da cultura da humanidade, é formalmente e quase que unicamente acessado.

E, como escrito anteriormente, não estamos nos restringindo aqui somente ao conhecimento científico, já que quando se pensa atualmente na formação do aluno para o seu exercício na sociedade, o Ensino de Ciências e suas Tecnologias assumem um papel mais amplo no contexto escolar. Entretanto, não nos deteremos a discussão sobre o tipo de cidadão, pois esse assunto parece estar longe de um consenso, vide por exemplo, Silva e Kawamura (2000).

Pelo fato de estarmos diante de um quadro, com uma pequena parcela da população ingressante nos cursos superiores e onde poucos jovens irão se dedicar a uma carreira científica ou tecnológica que envolva com maior profundidade tudo o que a Física como Ciência pode proporcionar, principalmente no que se refere aos seus fundamentos científicos acompanhados de movimentos históricos, culturais e sociais, a Física da escola básica torna-se um dos focos principais das pesquisas em Ensino de Física, conjuntamente com os executores de todo esse processo. Os professores de Física da escola básica.

No EM, por exemplo, embora o número de alunos matriculados seja pequeno se comparado ao de jovens em idade escolar, temos aproximadamente seis milhões de jovens na escola, que têm no EM um espaço único para o estudo da Ciência Física. Assim, independentemente da interpretação dada, há no EM a necessidade de contemplar aspectos básicos dessa área do conhecimento humano chamada Física. E com as tendências da incorporação de Tópicos Modernos e Contemporâneos de Física no EM, respaldadas e incentivadas pelos PCN, PCN+, qual seria o objetivo da FMC na escola básica? Os temas e tópicos de FMC no EM terão apenas o objetivo de informar e ampliar a cultura científica dos alunos, ou se pretende dar ao aluno instrumentos conceituais que lhe permitam pensar e modelar o universo de temas que constituem a FMC? Ou seja, suas características devem

estar em um campo formativo ou informativo? Mas como estão sendo preparados os professores para cumprirem as diretrizes para essa formação na escola básica?

Previamente, durante o primeiro capítulo deste trabalho, a discussão sobre formação e informação da FMC na escolarização básica foi levantada. Através da análise realizada via entrevistas com licenciandos em Física, parece que não há um consenso sobre o que venha a ser formativo ou informativo, seja pela característica do objeto considerado (FMC), sejam pelas referências nas quais os licenciandos se apoiaram para efetuarem as suas argumentações.

Para Costa e Santos (1998), *“as propostas de mudança na prática docente devem levar à formação dos alunos ‘interpretativos’ em detrimento de ‘informativos’”* (COSTA; SANTOS, 1998, p.1). Contudo, seria um tanto quanto precipitado falar em formação de alunos do EM contemplando FMC, já que ainda existem grandes deficiências (quantitativas e qualitativas), por exemplo, na formação de seus professores (TERRAZZAN, 1994; VILLANI; ARRUDA, 1998; STRIEDER; TERRAZZAN, 1998; MOTA, 2000).

Sobre essa temática, ainda não iremos assumir uma posição definitiva, visto a falta de consenso teórico sobre tais definições. Ostermann (1999), por exemplo, em sua tese de doutorado, ressalta a necessidade das disciplinas científicas contemplarem os desenvolvimentos realizados no século XX para prover aos alunos instrumentos que desenvolvam uma visão atualizada do mundo – “Formação”.

A pesquisadora desenvolve e implementa, no referido trabalho, dois dos temas obtidos consensualmente pela comunidade de Físicos, Professores de Física e Pesquisadores em Ensino de Física: Partículas Elementares e Supercondutividade. No entanto, é questionável como dois temas altamente complexos podem ser inseridos de forma pontual e isolada e, como a abordagem sugerida pode contribuir para a formação cultural e científica para o exercício da cidadania. Ostermann (1999), quando comenta a respeito da inserção do tema Partículas Elementares, classifica a ênfase dada ao referido tópico como “informativa”, o que é conflituoso com os comentários iniciais sobre formação.

A aparente contradição no trabalho de Ostermann (1999), entre a proposta inicial e o desenvolvimento efetivo do trabalho de aplicação dos temas, talvez não seja um caso pontual, pois as características referentes à FORMAÇÃO/INFORMAÇÃO de FMC no EM não estão ainda consolidados e estruturados em propostas e implementações, e conforme também discutido no Capítulo I.

Pode-se observar ainda, na leitura do apêndice sete da tese de Ostermann (1999), que traz a transcrição completa das entrevistas gravadas com os estagiários que implementaram os temas de Supercondutividade e Partículas Elementares nas escolas secundárias, algumas evidências ainda mais contundentes sobre o caráter informativo do tema, mesmo para os alunos do curso de graduação em Física, futuros professores, e que trabalharam o tema previamente para desenvolvê-los junto aos alunos do EM.

A questão da Física de Partículas eu não tinha pensado em como colocar um assunto destes, pela profundidade dos assuntos, e até pela dificuldade de certos conceitos que não se poderia falar em nível de segundo grau, mas que se conseguiu colocar bem, acho, no segundo grau, como uma coisa informativa (OSTERMANN, 1999, apêndice 7, p.6).

Em uma perspectiva teórica, Terrazzan (1994), vislumbra a FMC no EM como agente que pode contribuir para a formação de cidadãos, porém deixa claro que a simples inserção de novos tópicos não será suficiente, e sugere como base fundamental para uma mudança, a preocupação com a formação de professores. Ostermann (1999) e Mota (2000) seguem as referências de Terrazzan (1994), evidenciando através de suas respectivas pesquisas, a baixa formação e até mesmo a falta de formação dos professores atuantes no EM, no que concerne à FMC. E acompanhando a movimentação do Ensino Fundamental e Médio nos últimos anos e suas tendências, não é necessária nenhuma grande revisão específica para avaliar que, em todas as áreas, o informativo cresce, e perturba o formativo.

Contudo, é importante evidenciar que no parágrafo acima os termos formação e formativo foram usados com acepções diferentes, e que deve ser clarificados. Quando Terrazzan (1994) fala em formação do cidadão, ele não define o que significa isto com clareza, isto é, no que concerne a FMC. Por outro lado, Ostermann (1999) parece se referir muito mais ao aspecto da formação conceitual dos professores e dos estudantes da educação básica num ponto de vista talvez mais próximo da tradição do Ensino de Física.

Entretanto, nesse trabalho de tese, estamos propondo um outro termo que é a *intuição educada*⁶⁰, que tem dentre objetivos vários, redefinir o que seria a formação, direcionando-a para uma que provesse instrumentos aos alunos e professores, capacitando-os a pensar os temas de FMC, tanto na perspectiva de formação do cidadão para que ele consiga, por exemplo, reconhecer a FMC no seu cotidiano, na Tecnologia e na cultura, e que ao mesmo tempo o capacite a se dirigir à uma área tecnológica ou científica de forma mais consciente.

⁶⁰ Em uma discussão referente ao desenvolvimento deste trabalho, o termo “intuição educada” foi cunhado pelo orientador do autor dessa tese.

Obviamente que há uma tendência de nossa parte em acreditar que diante de toda a riqueza da FMC, não é utópico acreditar que a sua presença na educação básica possa realmente contribuir para a formação científica e tecnológica dos estudantes, porém, não é possível fechar os olhos às dificuldades latentes (referente ao objeto, à formação dos professores, a falta de material didático, etc) e às fortes pressões externas à escola. Evitando imergir nesta seara, retomamos a utilização do termo: *intuição educada*, que acreditamos ser o mais sensato neste caso, também no período de escolarização básica.

Portanto *intuição educada* significa redefinir o que é o caráter formativo. Isto necessita ainda chamar a atenção para dois aspectos importantes: é necessário concretizar esta noção de *intuição educada* dentro das práticas escolares e também se pensar que formação deve ter um professor preparado para possibilitar e mediar a “formação” desta *intuição educada*.

Em uma primeira abordagem sobre este tema, poderíamos caracterizar a intuição educada como aquela que proporcionaria ao aluno reconhecer em situações, fora do ambiente escolar, fenômenos naturais, tecnológicos, sociais ou culturais que envolvessem conceitos e conhecimentos da FMC.

Também que o aluno fosse capaz de, ao menos de forma qualitativa (e em alguns casos quantitativa), emitir um julgamento e uma apreciação pertinente sobre um fenômeno. Que o aluno fosse capaz de reconhecer não apenas em um, mas em diversos fenômenos, propriedades comuns, caracterizando a criação de modelos simplificados, mas abrangentes, sobre a realidade física. Importante aqui salientar que o termo qualitativo tem uma forte relação com o termo conceitual, e que a sua relação com o quantitativo, não pode ser desprezada, mas deve sim ser sopesada e repensada. Também não se pode confundir o qualitativo com o meramente informativo, como também não se pode caracterizar, o quantitativo e formal como o formativo, por excelência.

Cabe-nos aqui também pensar que professor e que ensino podem proporcionar tudo isto, que fatalmente nos leva para além da escolha de temas e tópicos mais importantes, mas para um pensar sobre as situações escolares e sobre a formação do licenciando, ou seja, repensando não apenas temas e conteúdos, mas também a TD, o Contrato Didático e as Situações escolares.

Assim, é nossa convicção que a resposta a estas perguntas deve surgir ao longo de um processo concreto de reflexão teórica e de intervenção na realidade escolar. Mas devido à

amplitude desta tarefa, vamos nesse trabalho nos ater ao papel dos cursos de formação de licenciados, onde a idéia de intuição educada orienta-se em formas de buscar um Ensino de Física que desenvolva, conjuntamente com a capacidade de modelização e teorização dos alunos, os instrumentos necessários para que os mesmos possam se comunicar com seus pares e com o mundo, ou seja, prover-lhes uma certa autonomia na tomada de decisões acerca de assuntos de cunho científico e tecnológico, mesmo que não se especializem em determinadas áreas do conhecimento.

Agregando todas as considerações feitas acima à nossa idéia de intuição educada, retomamos ao questionamento feito no início do Capítulo I: Qual o papel da escola na constituição de uma sociedade e qual o papel da Física na escola?

De uma forma geral, acreditamos que é um objetivo da escola o de proporcionar àqueles que nela se encontram, uma formação básica para que possam encontrar saídas, ou seja, a busca por modelos alternativos para uma sociedade que encontra-se em uma deliberada crise em suas estruturas, assim como o provimento de condições para que os estudantes possam estar em consonância com os acontecimentos sociais, políticos e econômicos no intuito de lhes garantir seu bem-estar social.

E é justamente nesse sentido que uma escola, impregnada de práticas baseadas na repetição, centrada em ferramentas visando à rápida memorização e o acúmulo acrítico e fragmentado de informações, completamente desarticulados de acontecimentos sociais significativos, certamente não contribui, ou contribui muito pouco para a construção de um sujeito capaz de compreender sua realidade e nela atuar de modo crítico e criativo.

Como já argumentamos anteriormente, há nas Ciências da Natureza algumas características essenciais e estruturadoras, como o processo de diálogo com o seu objeto, onde o mesmo é analisado, interpretado e suscita questões e caminhos para a investigação. Este diálogo prossegue em geral através de sua modelização, onde é dado ao objeto um significado, caracterizando-o conforme suas propriedades reconhecidas como relevantes.

Neste processo, o caminho para o conhecimento depende fundamentalmente da criação de questões que balizam a investigação. As respostas são decorrências desse processo. O diálogo com o objeto, não se restringe aos objetos escolares e nem mesmo aos científicos. Este é um processo que, uma vez aprendido pelos alunos, pode ser extrapolado para o tratamento de fenômenos e situações diversas. Cabe-nos aqui argumentar que este processo, talvez seja o mais relevante para a educação em Ciência. Assim, julgamos que se este

processo for introjetado pelos alunos, pode instrumentalizá-lo a tratar as mais diversas situações, mesmo em campos ou assuntos fora da Ciência. Entretanto, mesmo uma análise superficial mostra que este processo é um dos conteúdos esquecidos no Ensino de Física.

Nesse sentido, nossa opção por ausentar da discussão central as especificidades de temas e tópicos não é para criar uma maquiagem teórica, mas tem esteio principalmente nos tradicionais entraves quanto às estruturas curriculares e a seqüência de pré-requisitos, que sempre acabam por impor intermináveis questionamentos em função do fator quantidade. Aparentemente, os tempos mudam, mas o discurso permanece: “É sempre muita coisa para pouco tempo”. E sempre será. Ou seja, a discussão sobre o que agregar, o que retirar, o que privilegiar dos tópicos e temas para os diversos níveis de escolarização sempre será uma tarefa interminável, por isso a importância dos PPP das instituições de ensino.

Mas se adotarmos um viés epistemológico ou psico-cognitivo, essas decisões podem ser abrandadas, pois não se estará privilegiando “esse” ou “aquele” conteúdo, ou, “essa” ou “aquela” seqüência, mas sim a dinâmica e seu processo de conceitualização, que são mobilizáveis para outros contextos, e fundamentais para aqueles aos quais a escola sai de cena, ou seja, as situações não-didáticas, na terminologia de Jonnaert (1996).

E como já descrevemos anteriormente, do mundo das Ciências/Física para a escola, muitas escolhas devem ser feitas, principalmente pelos professores. Infelizmente estudos têm mostrado que geralmente a Ciência como construção do intelecto humano, forjada em contextos históricos e sociais próprios e fruto de investigações de problemas bem definidos, acaba sendo apresentada para os alunos como um produto acabado, restrito a um número limitado de incógnitas para aplicações repetidas em uma infindável série de exercícios, ou seja, como se aquele conhecimento, por exemplo, relativo à primeira Lei da Termodinâmica se resumisse a $\Delta U = Q - W$ e, o pior, apresentado como se tivesse sido “descoberto” na forma que aparece nos livros, um conhecimento “morto”, sem história e sem perspectivas.

Sem qualquer receio de críticas, afirmamos que na escola atual praticamente se ensina respostas sem perguntas, ou seja, ensina-se aos alunos responderem perguntas, e não a fazê-las. Assim, a principal característica da Ciência, que é sua atitude investigativa, é praticamente negada. Sob esse aspecto, não causa nenhuma estranheza o fato da maioria dos estudantes da escola básica não se interessar pelas Ciências/Física, ou ainda, minimamente não reconhecer a sua importância em épocas atuais.

Mas se contrariamente ao exposto acima, a escola, em particular, as disciplinas científicas, propusessem situações que representassem problemas a serem enfrentados pelos alunos, e mais, que fossem passíveis de mobilização em outros contextos, poderíamos sim, aproximar os objetivos da escola básica do que se espera de uma educação científica e tecnológica básica. Sob essa perspectiva, o estudante seria constantemente obrigado a gerenciar os conhecimentos adquiridos ao invés de simplesmente acumular informações. E mais, quando se oportuniza o processo, apoiado pelo exercício da crítica, sem tomar simplesmente o que é verdadeiro ou falso como critério de demarcação entre o que foi aprendido, o aluno estaria exercitando sua atitude reflexiva, mesmo defronte a possíveis erros.

Quando a Ciência/Física pretende entender, reproduzir, testar, estudar um determinado fenômeno ela o simplifica, ou seja, o modeliza, para trazer o fenômeno para uma determinada área de pesquisa. Portanto, na Ciência/Física não compete escolher situações concretas e práticas para pesquisar, porque estas terão que ser modificadas e adaptadas aos interesses e possibilidades da área do conhecimento que irá se ocupar dessa tarefa. Como resultado, as teorias que se propõem a dar um melhor entendimento desse fenômeno ou problema podem, posteriormente, retornar à realidade, mas ainda assim serão teorias, modelos, abstrações, e serão tanto mais aceitas quanto mais e melhores explicações e compreensões proporcionarem acerca da natureza ou de aplicações tecnológicos.

Mas na discussão iniciada acima, advogamos que o conhecimento científico se origina de problemas bem formulados e que os alunos ao chegarem à escola possuem idéias e interpretações próprias. Contudo, seria ingênuo pensar que a escola seria capaz de dar um formato completamente científico ao conhecimento que esse aluno carrega, pois certamente haverá rupturas e descontinuidades nessa caminhada.

Nesse sentido, parece claro que no EM não se pretende formar físicos, químicos, biólogos, historiadores etc, mas ao contrário, o ensino “dessa” ou “daquela” disciplina deve se destinar principalmente àqueles que não serão os especialistas, pois esses, terão seus espaços posteriormente. Todos os demais terão na escola uma das raras chances de acessar formalmente esse tipo de conhecimento e sua dinâmica. Nessa argumentação, estaria na escola a chance de reconhecer a Ciências/Física sob dois aspectos: enquanto uma das possibilidades de compreensão do mundo que nos rodeia juntamente com sua utilidade e como parte da cultura contemporânea da humanidade.

E ao professor em todo esse processo cabe uma tarefa não muito trivial, principalmente quando se vê premido devido ao desinteresse dos seus alunos em aprender,

por exemplo, Física. Certamente uma das causas da falta de interesse é devido, conforme discutimos anteriormente, à artificialidade exagerada dos problemas que lhe são propostos e comumente tratados nas salas de aula de Física, que se apresentam remotos de sua realidade, e conseqüentemente, acabam por não fazer qualquer sentido para os alunos. pois tal tratamento parece não lhes servir de nada, exceto, para a aprovação nas provas e exames.

Mas na Ciência/Física, a situação, diferentemente do que acontece na escola e apresenta-se nos LD, não se encontra de antemão idealizada. Ela está no seu contexto e para entendê-la é preciso modelizá-la na tentativa de encontrar meios para tratar um determinado problema, ou seja, para investigá-la é preciso primeiramente extraí-la antes que se torne passível de investigação.

Em um sentido mais amplo, a utilização do conhecimento físico na interpretação, tratamento e entendimento de fenômenos deve ser compreendida não somente dentro de um campo metodológico, mas também como “conteúdo” indispensável, pois assim como pode prover meios para a aquisição de certas competências, demonstra a potencialidade e a necessidade de conteúdos mais abstratos da Física. Tal discussão inclusive já fora enfatizada por Hestenes (1987).

Assim, se no período destinado ao Ensino da Física na escola básica, minimamente fosse assegurado aos alunos o desenvolvimento de seu espírito investigativo, no intuito de resgatar, não somente no sentido pragmático, o desejo de conhecer o nosso mundo para expandir a compreensão sobre nós mesmos e sobre a natureza, a fim de propor novas questões e, talvez, encontrar soluções, novas Tecnologias, novas saídas, aproximáramos do que definimos anteriormente como uma intuição educada.

E porque a idéia de intuição educada é bem adaptada, por exemplo, ao caso da FMC na escola média? Primeiramente por se tratar de um corpo de conhecimentos que, apesar de presente ao nosso redor, o seu reconhecimento requer muito mais do que sua simples designação. Também, porque uma parcela ínfima da população que passa pelo período de escolarização básica terá chance de tratá-la com toda a profundidade, já que não é o objetivo da educação básica o de formar exclusivamente físicos, mas mesmo assim, é no EM onde se tem praticamente a única chance de contemplar alguns aspectos básicos dessa área de conhecimento.

Também pelo fato de não se esperar do EM um espaço para tal nível de especificação, apesar de pretensamente se objetivar dar aos estudantes os instrumentos conceituais que lhe

permitam pensar e modelizar os temas que envolvem a FMC, pois principalmente, acreditamos que determinados temas e tópicos dessa área servem de amálgama para a compreensão e entendimento de diversas áreas do conhecimento que inclusive transcendem as fronteiras da Física, sendo potencialmente mobilizáveis para outros contextos.

Por isso, uma *intuição*⁶¹, que é muito mais do que uma informação, e *educada*, pois além de contemplar aspectos formativos (não restritos) deve ser dar principalmente na escola, visando instrumentalizar os estudantes a pensar, desviando o foco dos aspectos mais formais ou nas “Leis” Físicas dentro das tradicionais seqüências.

Um exemplo que sintetiza nossa idéia pode ser dado a seguir.

Se tomarmos a lista de Ostermann e Moreira (1998), lista essa definida após uma consulta à comunidade de pesquisadores em Ensino de Física, Físicos, e Professores de Física como possíveis temas e tópicos de FMC para o EM, teríamos a seguinte: Efeito Fotoelétrico, Átomo de Bohr, Leis de Conservação, Radioatividade, Forças Fundamentais, Dualidade Onda-Partícula, Fissão e Fusão Nuclear, Origens do Universo, Raios-X, Metais e Isolantes, Semicondutores, Laser, Supercondutores, Partículas Elementares, Relatividade Restrita, Big-Bang, Estrutura Molecular, Fibras Ópticas.

Contudo, podemos observar que os temas listados variam de conceitos, noções ou teorias fundamentais (Dualidade Onda-Partícula, Leis de Conservação, Relatividade Restrita), assuntos envolvendo temas complexos (Supercondutores, Metais, Big Bang, Origem do Universo) e temas tecnológicos como Laser e Fibras Ópticas. Em outras palavras, esta listagem de tópicos do ponto de vista didático não constitui, a princípio, um corpo orgânico e ainda possui uma natureza conceitual diferenciada, isto é, não constitui um programa e nem estabelece o que se pretende com a inserção de FMC no EM.

Embora a listagem de Ostermann e Moreira (1998) não sugira metodologias ou abordagens, podemos recorrer à revisão na literatura onde encontramos três vertentes para a inserção de FMC. Em duas delas, a de Fischler e Lichtfeldt (1992) e a de Gil e Solbes (1993), a ênfase está no estudo da MQ (com ou sem referência à FC) enquanto que na de Arons (1990) tem-se como sugestão o tratamento de tópicos escolhidos e que podem se assemelhar ao que tradicionalmente se dá nos cursos de Estrutura da Matéria e Física Moderna no Ensino Superior.

⁶¹ O termo *intuição* na Filosofia está ligado a diferentes vertentes de pensamento (Cartesianismo, Kantismo, Bergsonismo). Em um sentido amplo adotamos o termo *intuição* como a faculdade de perceber, reconhecer ou discernir, passível de raciocínio ou análise.

Uma tentativa de contemplar a lista de tópicos de Ostermann e Moreira (1998) convergiria para uma abordagem próxima a de Arons (1990). Mas ainda assim, tentativas esbarrariam em fatores como complexidade e tempo, para citar alguns. Uma possibilidade de percorrer uma parte significativa da listagem de Ostermann e Moreira (1998) seria a definição de uma temática central que abarcaria pontos fundamentais, dando aos estudantes uma visão menos fragmentada, por exemplo, utilizando a Interação da Radiação com a Matéria como eixo estruturador. Essa possibilidade é viável, pois se enquadra nos objetivos gerais para a FMC no EM respaldados pelos documentos legais, e pode ainda, estabelecer um forte vínculo à aspectos sociais e culturais.

Retornando a listagem de Ostermann e Moreira (1998), é necessário comentar que para discutir elementos do mundo atômico, mundo não visível a olho nu, requer o que chamamos anteriormente, de uma redefinição do objeto. enxergar átomos, moléculas e núcleos é entender a interação da radiação com a matéria; é entender o seu espectro. Dessa maneira, a espectroscopia permite, não somente entender as transições, mas também, serve de “lente” para visualizar o mundo quântico.

Porém, entender esse mundo, não é só estudar o comportamento dos elementos desse micromundo. É necessário compreender como os objetos se estruturam. O agrupamento de estruturas do mundo atômico forma objetos complexos, como moléculas, líquidos e sólidos. No entanto, existem regras e leis da natureza que permitem a estruturação de objetos elementares, como prótons, nêutrons e quarks, que seguindo uma simetria caracterizada pelo Princípio de Pauli, permite-se compreender não somente o tipo de estruturação no micromundo, mas também as relações entre elementos mais complexos.

Assim, para entender esta interação, seria necessário idéias mínimas sobre alguns elementos, como por exemplo, **ESPECTROSCOPIA**, fundamental na redefinição do objeto a ser estudado, e que permeia vários temas de FMC; **TRANSIÇÕES**, ou seja, as formas de absorção e perda de energia por um átomo, que acaba exigindo um entendimento sobre quantização dos níveis de energia; **ESTRUTURA ATÔMICA** e **PRÍNCÍPIO DE PAULI**, pois, permitem compreender os critérios de estruturação da matéria, os critérios de seleção e agrupamento da natureza.

Mas aqui cabe uma exemplificação do que seria nossa idéia de uma *intuição educada*. A noção de que a luz, assim como outras ondas interagem com o meio ou com a matéria de forma diferente da interação entre dois corpos clássicos, fica bastante clara quando se demonstra sua dependência com a frequência, isto é, a luz interage com a matéria de forma

seletiva. Assim, dependendo ou não da frequência, um feixe interage ou não com um determinado átomo. Esta seletividade, que traz implicitamente uma gama muito grande de informações sobre a natureza quântica, e que pode gerar no aluno certa intuição sobre diversos fenômenos quânticos, guiando-o no sentido de criar perguntas relevantes.

Nesse sentido, embora a “seletividade” não seja um conceito estritamente científico, seu papel no processo de aprendizagem e domínio e de modelização pode ser importante. Isto é, “seletividade” não é um conceito ou um teorema estabelecido, mas propicia uma intuição que aproxima o fenômeno dos processos de modelização, tanto na construção do conhecimento físico na esfera do saber sábio⁶² como em suas aplicações com finalidades de ensino, seja no Ensino Superior quanto na Educação Básica.

Então, todos os conceitos, princípios e idéias formais apresentadas (Espectroscopia, Transições, Estrutura Atômica, Princípio de Pauli) podem ser complementados e, em alguns casos, substituídos, principalmente em função do objetivo que se tenha, pela idéias ou intuição de “seletividade” da interação entre radiações eletromagnéticas e a matéria, que fornece praticamente todas as ferramentas para a construção de modelos e interpretação dos fenômenos. Esta intuição envolve as formas de interação da radiação com a matéria, podendo inclusive ser um dos caminhos com grande potencial para a introdução de FMC na escola básica e, conseqüentemente, uma estrutura fértil para ser usada como modelo também na formação inicial de licenciandos em Física sobre a temática de FMC.

Usando a terminologia de Vergnaud, a nossa concepção de *intuição educada* seria uma parte constitutiva dos esquemas, sendo constituída de teoremas e conceitos-em-ação, que embora não estritamente científicos, instrumentalizam o pensamento e o processo de conceitualização, permitindo o enfrentamento de situações novas e gerando, através de questionamentos, balizas que permitem a integração da tripla [S,I,R], conferindo ao processo de modelização uma característica dinâmica no enfrentamento de outras situações, o mesmo dinamismo que exige a TCC de Vergnaud.

⁶² Para uma discussão mais ampla sobre os Saberes, ver Chevallard (1991).

3.4 PRESSUPOSTOS, CONSIDERAÇÕES E ADAPTAÇÕES SOBRE A TEORIA DOS CAMPOS CONCEITUAIS.

O capítulo II foi destinado à explanação da fundamentação teórica que norteou nossos pressupostos (TCC), e veio a ser complementado no capítulo III com as considerações sobre TD, no intuito abarcar teoricamente as considerações estabelecidas dentro de uma perspectiva mais ampla.

Nesse caso, além de todo empenho de pesquisadores e didatas e de seus construtos teóricos e aplicados, por exemplo, sobre TD, esperamos que tenham ficado explícitas as inegáveis contribuições da psicologia à pesquisa em Ensino de Física.

Mas, como parte de um conhecimento passível, e algumas vezes carente de adaptações, principalmente por se tratar de conhecimentos pertencentes a áreas distintas, procederemos a seguir exaltando alguns pontos no intuito de integrar nossa ferramenta de análise aos objetivos desse trabalho.

A TCC foi desenvolvida numa tentativa de construir uma teoria operatória da representação. Segundo Vergnaud, o conceito de representação é essencial para analisar a formação dos conhecimentos operatórios e os processos de aprendizagem e transmissão de conhecimento, e reivindica que a representação é um objeto de estudo legítimo da psicologia. Neste sentido, ele argumenta que a representação tem um caráter funcional que vai além da linguagem e/ou da representação simbólica ou de outras formas de comunicação social. Vergnaud vai advogar que a funcionalidade da representação está presente no seu papel operatório, isto é, na formação da experiência em seu conjunto, seja ela social, individual, sistematicamente organizada ou aberta, discursiva ou não discursiva.

Caracterizando a representação em dois planos: O plano dos significantes (linguagem natural, gestos, desenhos, esquemas, tabelas, álgebras) e o plano dos significados (que se explicita no estabelecimento de invariantes, de inferências de regras de ação, de predições etc...) Vergnaud vai uni-los dialeticamente à interação do sujeito com o real, quando o indivíduo põe à prova suas representações, ao mesmo tempo em que interage com o mundo através das mesmas. É esta ênfase na indissociabilidade, isto é, no vínculo dinâmico entre representações e a interação com o real que torna a teoria de Vergnaud interessante tanto do ponto de vista da psicologia como de suas possíveis implicações na didática.

Vergnaud explora estas idéias exemplificando-as pela análise dos CC das estruturas aditivas e multiplicativas. Embora o autor afirme que a mesma não se restringe à Matemática,

a extrapolação de seus estudos para outras áreas demanda alguma reflexão. Em primeiro lugar, porque esta é uma teoria cognitivista voltada fundamentalmente para o estudo do desenvolvimento e da aprendizagem das competências complexas, nas crianças e nos adolescentes. Este é um ponto que demanda comentários, pois Vergnaud pretende enfatizar os vínculos do processo de aprendizagem com o desenvolvimento psico-cognitivo de indivíduos nas fases primeiras, mormente infância e adolescência.

Em particular, ele está preocupado em inferir as filiações e as rupturas entre conhecimentos nas crianças e nos adolescentes. Neste sentido, o estudo de CC na Matemática, isto é, de estruturas aditivas e multiplicativas, tem um papel privilegiado, pois, a aparente simplicidade das operações esconde um jogo dialético intenso entre representações e mundo real. Além do mais, é inegável a ligação mais íntima entre as estruturas matemáticas fundamentais e a estruturação lógica e do pensamento dos indivíduos (PIETROCOLA, 2001; 2002).

Este vínculo, no entanto, não é tão óbvio quando tratamos outras Ciências. A natureza mais complexa de conhecimentos de áreas como a eletricidade, teoria de campos, mecânica etc., não nos permite fazer um vínculo tão direto e nem inferir as filiações e as rupturas entre conhecimentos nas crianças e nos adolescentes. A aprendizagem nestas áreas mais complexas sofre uma forte influência dos hábitos e tendências de pensamento, de conhecimentos prévios, de pré-conceitos ligados muitas vezes ao senso comum ou à cultura.

Nesse caso, portanto, estamos “tomando emprestado” a TCC de Vergnaud porém “abandonando” a sua finalidade: *fornecer um quadro que permita compreender as filiações e as rupturas entre conhecimentos, nas crianças e nos adolescentes* (VERGNAUD 1990). Ainda deve-se considerar que este abandono centra-se sobre duas hipóteses: em primeiro lugar, a complexidade do objeto e dos domínios conceituais da Física que, em nossa opinião, não tem ligação tão estreita com a estruturação do pensamento dos CC tratados por Vergnaud na Matemática; e, em segundo lugar, não estaremos preocupados necessariamente com crianças e adolescentes, mas sim em considerar o processo de conceitualização progressiva no Ensino de Física onde a filiação e ruptura com outros conhecimentos têm uma natureza diferente. Isto nos distancia dos objetivos de uma análise puramente cognitivista.

Apesar dessas adaptações, consideramos como hipótese de trabalho que a TCC fornece um referencial para a análise da conceitualização progressiva geral e, portanto, também cabe no Ensino de Física. Isto é, partiremos do pressuposto que as categorias definidas na TCC permitem analisar a dinâmica da conceitualização e, com isso, a dinâmica

de uma aprendizagem significativa. Nesse sentido, a aprendizagem significativa seria, em última instância, a concretização da tripla [S,I,R] na qual serão feitas algumas considerações e adaptações para este trabalho:

[S]: conjunto de situações (problemas, questões, fenômenos que necessitam explicação e cujo enfrentamento exigem a utilização ou criação de um ou mais conceitos, trazendo a tona o seu significado e ou sua aplicabilidade.)

[I]: o invariante, o esquema de articulação dos conceitos, que fornece a ligação e visualização da dinamicidade entre os conceitos. Seu domínio possibilita a utilização dos mesmos no enfrentamento de situações diversas, isto é, na estruturação de esquemas. Também podem ser obstáculos quando tratados com [S].

[R]: formalização ou representação simbólica. Conjunto das formas. É importante notar que, na Física, a linguagem matemática e gráfica é parte constitutiva da organização conceitual, sendo difícil desvinculá-la da noção de invariante.

É importante ressaltar que as nossas definições acima não são exatamente iguais às de Vergnaud, mas sim, adaptações necessárias à pesquisa em Ensino de Física.

Se tomarmos ainda como pressuposto que a teoria de Vergnaud diz respeito à forma como a *psique* humana trabalha, no sentido de conceitualizar progressivamente um novo domínio, ou aprofundar a conceitualização de um domínio parcialmente conhecido, podemos perguntar se o processo de ensinar Física, usualmente utilizado, propicia a conceitualização progressiva, isto é, possibilita a dinâmica das componentes [S, I, R].

O [S] na tripla de Vergnaud tem uma dimensão bastante ampla e dinâmica, que abrange todas as situações que podem ser entendidas, explicadas ou enfrentadas com um determinado número de ferramentas conceituais associadas a um campo de conhecimento ou da experiência humana. Esta abrangência e amplitude de [S] significa que não podemos reduzi-lo às situações escolares, visto que estas situações tradicionais não têm privilegiado aos licenciandos fazer qualquer espécie de confrontação.

O que se observa nos cursos de Física desde o EM ao Ensino Superior, é uma ênfase nos aspectos formais, visando o domínio de teorias de larga aplicabilidade (REZENDE JR, 2001). Na terminologia de Vergnaud, diríamos que o peso maior estaria na dupla [I, R] sendo que de [S] temos apenas um recorte muito pequeno, que pode ser definido como um [S-didático], que na maior parte das vezes se limita a exemplos e problemas que testam a aplicabilidade de uma teoria que se supõe estudada e compreendida.

Da consideração acima, vinculamos diretamente a outro ponto que merece aprofundamento e que se refere à questão da resolução de problemas, visto que em sua grande maioria, os problemas são apenas formas de treinar para um maior domínio da linguagem formal ou da exemplificação e/ou demonstração de um dado conceito presente no corpo constitutivo dos esquemas teóricos.

Muitas vezes os problemas visam apenas sedimentar o formalismo, sendo mais uma continuidade de [I, R] do que uma situação nos termos de Vergnaud propriamente dito. A ideia de Vergnaud de que os conceitos adquirem sentido nas situações e, portanto, “*se desenvolvem através da resolução de problemas*” (VERGNAUD, 1983b, p. 172), deixa claro o papel da resolução de problemas no âmbito do processo de conceitualização (SOUSA; FÁVERO, 2001; MOREIRA, 2002). Sendo assim, sua compreensão tem respaldo na vertente epistemológica inaugurada por Thomas Kuhn, sintetizada na noção de exemplares, da qual depreende-se que a apreensão teórica se dá não só pelo domínio de generalizações simbólicas, mas também das “*soluções concretas de problemas que os estudantes encontram desde o início de sua educação científica, seja nos laboratórios, exames ou no fim dos capítulos dos manuais científicos*” (KUHN, 1975, p.232). Pode-se ainda pensar que tal aproximação serviria de um bom apoio para identificar as estratégias de ação de *novatos* e *experts* (LARKIN, 1983) nessa atividade, verificando a evolução dos conceitos-em-ação para os conceitos científicos.

Por outro lado, trata-se de uma relação fraca entre a epistemologia de Kuhn e teoria psicológica de Vergnaud, pois não se pode correr o risco de cair numa estereotipia de esquemas o que, ao mesmo tempo, não minimizaria a incerteza da mobilização em situações não-didáticas.

Na teoria de Vergnaud, as situações [S] participam ativamente do processo de aprendizagem, isto é, da conceitualização progressiva, o que significa uma inseparabilidade da tripla [S, I, R]. Neste sentido, as situações não são apenas problemas a serem resolvidos por um esquema predeterminado, mas parte integrante do processo de construção dos esquemas. Isto é, o processo de apreensão dos conceitos conjuntamente à resolução de problemas vem a posteriori, pressupondo que o aluno tenha o domínio de um certo esquema formal e conceitual [I, R].

Então, é inegável que a resolução de problemas tem um papel importante na assimilação e sedimentação dos conceitos e do formalismo em [I, R]; entretanto, é interessante observar que não parece que [S] possa ser identificado somente na resolução de

problemas, quando esta é considerada no seu sentido limitado e restrito, vinculado às criticadas, improdutivas e intermináveis repetições.

Talvez a resolução de problemas, no seu sentido limitado ao qual foi exposto acima, esteja contida em [S], mas [S] não se resume a esse tipo de resolução de problemas, pois não tem o papel dinâmico e criativo intrínseco que as situações [S] desempenham na conceitualização progressiva. De tal afirmação assumimos o ônus ao indicar que a o ambiente escolar pode impor restrições e/ou criar obstáculos importantes neste processo.

Para ilustrar nossas considerações podemos nos basear em uma constatação. O ensino tradicional, tecnicamente, quando cumpre todos os seus requisitos, fornece praticamente todas as ferramentas para que os alunos tenham a possibilidade de aprender. Por exemplo, a eletricidade dada na escola é sem dúvida a eletricidade necessária para tratar todos os problemas e contextos, e para uma gama muito maior de fenômenos.

Temos, então, o que parece ser uma situação paradoxal, pois formamos um sujeito com todas as ferramentas, mas que é incompetente na condição de dar um sentido ou fazer uma ligação entre elas. Tal fato pode ser interpretado, no sentido de que, talvez para ele as situações não fizeram parte do processo, isto é, não lhe proveram sentido. Assim, as situações escolares podem, se idealmente realizadas, capacitar o aluno a resolver uma gama grande de problemas “formais”, e o tornar “competente” nestas ações; porém, o aluno em geral não está preparado para aplicar seus conhecimentos, ou questioná-los diante de novas situações pertinentes ao CC considerado.

Continuando, ainda temos que a situação escolar difere das situações gerais de Vergnaud, visto que nela, o conhecimento científico deve ser apropriado pelo aluno enquanto que nas situações propugnadas por Vergnaud a dialética entre [S] e [I, R] parecem implicar num processo progressivo de conceitualização, onde os conceitos são significados e resignificados e onde os teoremas e conceitos também são modificados. Diferentemente, na situação escolar tem-se como meta que o aluno aprenda as regras de aplicação dos conceitos e teoremas científicos em sistemas idealizados e espera-se que os exercícios e problemas levem-no a um entendimento progressivo do conhecimento estabelecido, que lhe é dado de antemão.

Esta é uma diferença significativa entre as situações cognitivas gerais e a situação escolar, onde as metas e regras são definidas externamente e se objetiva que o aluno compreenda com uma profundidade (também externamente definida) um quadro conceitual

composto de um sistema idealizado, teoria e formalismo, e tem larga aplicação, em particular para a Física básica. Este processo escolar não se dá sem o processo cognitivo interno de cada indivíduo, mas ainda é passível de questionamento, demonstrada a diferença, se há ou não uma ressonância entre os dois.

Para esclarecer um pouco mais, podemos observar que os sistemas físicos quando apresentados didaticamente, tanto teórica quanto experimentalmente, já são sistemas idealizados, onde apenas o que é relevante e formalizado aparece. O processo de desvelamento do fenômeno, a descoberta de suas características essenciais, de sua modelização e construção de sua dimensão formal são cuidadosamente extraídos do contexto didático, na grande maioria dos casos. Sem dúvida esta abordagem está mais de acordo com o tempo escolar, isto é, leva o estudante rapidamente ao que há de mais essencial, porém podemos questionar se isso não obstrui o processo de conceitualização, criando obstáculos e lacunas importantes.

Dessa forma, acreditamos que a maneira tradicional de tratar Física, centrada no par [I, R] de Vergnaud, não parece se harmonizar com a dinamicidade cognitiva proporcionada pelas situações onde a tripla [S, I, R] é respeitada. Este ponto merece uma investigação aprofundada visto que pode contribuir de maneira importante para se entender o fracasso do Ensino de Ciências no Ensino Fundamental, médio e superior (licenciaturas principalmente).

Mas, se de uma forma pode-se dizer que a situação escolar é um recorte ou uma classe de situações, ela é, de outro, ainda uma situação, porém, é um recorte estreito, que causa restrições a um domínio muito pequeno do CC, mutilando-o pela ênfase no formal e impedindo ou criando obstáculos para o enfrentamento de situações mais amplas e, conseqüentemente, dificultando a conceitualização progressiva.

Neste sentido é necessário indagar se, dentro do contexto escolar, é possível criar situações diferenciadas que favoreçam o desenvolvimento da tripla [S, I, R]. Importante salientar que nestas situações, a introdução da fenomenologia e a modelização são, ao nosso entender, fundamentais para o desenvolvimento do processo de conceitualização, pois podem ser os instrumentos de harmonização das questões didáticas com o processo cognitivo interno além de conferir ao ato didático uma dinamicidade característica do fazer científico.

Calcado nas considerações acima, uma opção de investigação seria a busca, dentro dos espaços escolares existentes, de atividades ou disciplinas na formação inicial de licenciandos, aquelas que poderiam se constituir de fato em situações escolares diferenciadas que se

aproximam das situações [S] onde, programadamente, há um envolvimento claro com a modelização e o reconhecimento e tratamento do fenômeno, ou ainda, usando a terminologia de Vergnaud, que envolvesse a utilização de [I, R], criando um momento ímpar durante a formação, onde o [S] seja formalmente incorporado ao terno [S, I, R], e ainda se, dentro de tal espaço ainda há possibilidades para uma reflexão ampla visando sua incorporação e adaptação para outros níveis de escolaridade, pois tratando-se de uma análise sobre a formação de professores, nada mais profícuo do que vislumbrar qualquer repercussão positiva na educação básica.

É ainda fundamental registrar, complementarmente às considerações acima, que atividades como Iniciação Científica e outras formas de estágios ou trabalhos junto a grupos de pesquisa, podem levar o aluno a se defrontar com situações diferenciadas dando uma formação mais ampla e conseqüentemente, uma aprendizagem mais significativa. Dentro desta linha, durante os trabalhos de mestrado ou doutorado, estudantes fatalmente se defrontam com situações que os obrigam fazer as conexões e que podem levá-lo a “experimentar” um desenvolvimento conceitual significativo. Entretanto, no caso das licenciaturas, principalmente noturnas, o curso é, via de regra, final, além do que, atividades extra-curriculares são bastante raras. Neste caso, criar ou identificar e explorar situações diferenciadas pode ser crucial.

Ainda seguindo esta argumentação, seria interessante identificar algumas situações escolares que possam propiciar esse momento de aproximação entre o tripé [S, I, R]. Para esse caso, que será apresentado posteriormente, iremos adotar como campo proveitoso à coleta de dados, o conjunto de disciplina Instrumentação para o Ensino de Física (INSPE⁶³) da UFSC, por propiciar as condições de contorno necessárias e oferecer uma perspectiva para análises futuras.

Porém, desde o início desse trabalho, assumimos uma preocupação explícita com a ausência de FMC na escola média, de onde buscamos direcionar nossas argumentações visando mostrar que o caminho natural para que se avance nesta temática deveria ser principalmente junto à formação inicial de professores de Física.

Mas com o adiantar de nossas discussões teóricas, tanto do ponto de vista da aprendizagem quando dos entornos da execução de atividades didáticas diferenciadas, parece

⁶³ Utilizaremos aqui a sigla utilizada como referência para designar tal conjunto de disciplinas na UFSC, já que está se constituirá como a instituição base para coleta de dados. Contudo, outras nomenclaturas e siglas pertinentes são encontradas em outros cursos de Licenciatura no Brasil.

claro que a problemática não reside somente nos objetos referentes à FMC, visto que o que há de mais essencial na Ciência Física (a fenomenologia e a modelização) têm sido suprimido durante a formação inicial dos professores e que tende a refletir-se durante o exercício docente dos licenciados quando já professores na escola básica.

Como reverter tal processo? Onde buscar, na formação inicial, espaços para o desenvolvimento de atividades que privilegiem, não só a organização conceitual da Física, mas também a construção de situações diferenciadas para o cumprimento de funções docentes por parte dos licenciandos dentro dos preceitos de uma educação científica e tecnológica, sem a restrição inicial quanto aos elementos da FMC, mas também considerando as suas especificidades?

Reforçamos nossa preocupação com as conclusões do extenso trabalho de Hestenes, que apesar de inserir-se num contexto diferente, também advoga que a formação padrão de professores e a experiência de ensino não são suficientes para desenvolver um índice suficiente de atividades de ensino⁶⁴ (HESTENES, 1995).

Nesse caso, avançar no entendimento sobre as formas de TD foi essencial para a compreensão de que a ausência da discussão e da apresentação de situações exemplares na formação inicial (visando a modelização da Física) tende a ser reproduzida por professores do EM, deturpando o que pretensamente deveria ser ensinado, ou seja, a essência do conhecimento físico.

Diante da complexidade de todos os fatores envolvidos, acreditamos que a idéia de *intuição educada* é propícia, especialmente para a FMC, seja pela própria característica conceitual dos seus elementos como pelas particularidades do EM, mas antes, deve obrigatoriamente ser discutido e desenvolvido na formação inicial dos professores de Física.

⁶⁴ Atividades que contemplem com propriedade os processos de modelização para o tratamento do fenômeno físico em espaços escolares

CAPÍTULO IV

A FÍSICA E A FÍSICA ESCOLAR: A APRENDIZAGEM EM DIFERENTES NÍVEIS DE ENSINO

4.1 INTRODUÇÃO

Conforme argumentamos no capítulo anterior, a teoria da Transposição Didática de Chevallard (1991) oferece uma forma organizada de analisar como o saber escolar, desde a sua origem, passa por transformações. Mas quando não se trata da Matemática, há outras referências a esse saber, pois, se consideramos o saber sábio como referência única ao saber escolar, acaba-se por limitar também o questionamento sobre a pertinência do seu ensino, por exemplo, o Ensino da Física no EM.

Remetendo esta análise para uma perspectiva de aprendizagem, procuramos delinear teoricamente que as escolhas feitas pelo professor em uma relação didática não deveriam contemplar somente o seu tempo curto, pois seria somente no tempo longo de aprendizagem que os saberes escolares tornar-se-iam mobilizáveis em outros contextos, novos ou não. Em face disso, há uma necessidade intrínseca, para que não se conduzam as pesquisas sobre aprendizagem a um cenário de limitação, em não ignorar os aspectos cognitivos, os obstáculos à aprendizagem e as múltiplas variáveis das relações didáticas.

Neste sentido, procuramos argüir, de forma teórica, que manter os alunos em uma zona de desenvolvimento proximal, visando a construção de esquemas (com o intuito de servirem de recursos para sua mobilização), sempre tendo em perspectiva a transformação dos obstáculos em objetivos educacionais, poderia ser uma maneira para propiciar situações de aprendizagem cujo objetivo transcenderia a falsa aprendizagem escamoteada pelo funcionamento de um certo tipo de Contrato Didático.

No que concerne este trabalho, a FMC vai ter um papel peculiar e importante porque os licenciandos, no caso estudado, têm paralelamente uma disciplina referente à FMC (disciplina de Estrutura da Matéria I), que ocorre de forma concomitante à disciplina de

Instrumentação para o Ensino de Física (INSPE) para os alunos em “fase” no curso de licenciatura em Física da UFSC.

Na referida disciplina de Estrutura da Matéria, os licenciandos têm pela primeira vez um contato mais íntimo com a FMC. Isto, hipoteticamente, confere aos Projetos Temáticos, envolvendo FMC, e desenvolvidos nesse conjunto de disciplinas, um grau de dificuldade maior, caracterizando os obstáculos e desafios desta situação num patamar diferenciado quando comparado com os outros temas que envolvem conceitos e conteúdos de uma Física com qual eles possuem maior vivência e deveriam ter um maior amadurecimento. Por outro lado, este contraponto nos permite analisar de forma mais rica o papel desta situação escolar diferenciada, propiciada pelo conjunto de disciplinas de INSPE.

Frisamos então aqui dois aspectos; por um lado temos o papel desempenhado pelo enfrentamento de uma situação diferenciada no processo de conceitualização e resignificação de velhos ou novos conteúdos na ampliação dos esquemas e na integração da tripla [S, I, R]. Por outro, esta situação diferenciada, gerada pela disciplina de INSPE, permite também investigar as dificuldades que alunos prestes a se formar sentem durante a ação educativa; isto é, como tratam os temas e os fenômenos envolvidos, como trabalham os conteúdos, quais os critérios e a ênfase, quais os enfoques que naturalmente mais aparecem nas propostas, quais as dificuldades na TD, seja de temas de FMC, seja nos temas de FC.

Assim, de forma proposital, desde o início do trabalho, buscamos não deixar explícito se, ao usarmos o termo “alunos”, estávamos nos referindo aos estudantes do EM ou aos licenciandos (apesar de perfeitamente identificáveis diante dos contextos apresentados), pois, tendo como pano de fundo a perspectiva da FMC, o patamar de ineditismo é praticamente semelhante.

Os licenciandos em geral têm contato com a Física do século XX no final do seu curso de graduação (Disciplinas geralmente de Estrutura da Matéria, Física Moderna ou Mecânica Quântica) de forma rápida e sem perspectivas de continuidade, e para estudantes da educação básica, a não-presença da FMC nesse espaço escolar tem sido geralmente uma regra.

Então, no que tange aos conceitos de FMC, respeitando o aspecto profissional que assume o curso de licenciatura em Física, se comparado ao EM, e o contato mais amplo e aprofundado dos licenciandos com a FC, sua linguagem e variações, e acatando os aspectos cognitivos pertinentes aos diferentes processos, podemos dizer que há aproximações entre esses dois níveis de escolarização e a temática apresentada. Acreditamos, porém, que já não

seria passível de aproximações buscarmos relacionar, por exemplo, um curso de MQ para doutorandos em Física e estudantes do Ensino Fundamental.

Nesse sentido, voltamos a questionar se estariam às situações escolares propostas em um curso de licenciatura em Física, que geralmente tem um caráter de terminalidade, proporcionando à formação docente os recursos necessários para que os licenciandos possam atender as prerrogativas de Alfabetização Científica e Tecnológica voltada para a formação ampla dos jovens da educação básica?

Sobre esse ponto, não estamos mais nos referindo somente à FMC, mas à todo corpo de conhecimento que compõe a Física escolar e ao mundo das Ciências de uma maneira geral, pois, apesar de advogarmos sobre a importância da FMC na escola básica, esperamos que a discussão teórica apresentada até o momento possa fomentar discussões que transcendam nosso interesse mais imediato.

Em outras palavras, qual é o momento onde é possível privilegiar aos futuros professores, uma situação diferenciada dentre as disciplinas dos cursos de formação, para que minimamente haja a discussão, exploração e construção de situações exemplares passíveis de adaptação a outros níveis escolares, ou ainda, uma idéia que aproxime a dinâmica da Física para sua futura transposição em outros níveis de ensino, como o EM?

Como uma tentativa de resposta plausível ao questionamento acima e como parte dos recortes necessários para a confecção desse trabalho, buscaremos analisar juntamente às disciplinas de INSTRUMENTAÇÃO PARA O ENSINO DE FÍSICA⁶⁵, mais especificamente INSPE B e INSPE C, da Universidade Federal de Santa Catarina como situações notoriamente diferenciadas podem, ou se podem, contribuir para a formação de conceitos físicos junto aos licenciandos, não somente aqueles referentes à FMC, mas parte do corpo conceitual envolvido pela Física durante o curso de formação inicial de professores de Física.

⁶⁵ A descrição das características da referida disciplina, adaptações necessárias e condições oferecidas a realização dessa pesquisa encontra-se no item 4.4 deste capítulo.

4.2 CARACTERIZAÇÃO DO AMBIENTE DA PESQUISA E AMOSTRA

Toda a pesquisa aqui apresentada, desde seu projeto, concepção e execução foi baseada em situações reais de sala de aula de uma disciplina tradicionalmente presente nos cursos de licenciatura em Física, disciplina essa que tem entre seus objetivos um compromisso de aproximação, muitas vezes ainda que de forma indireta, dos futuros professores de Física com o universo escolar.

Conforme indicado na introdução, um dos objetivos deste trabalho é o de verificar se situações diferenciadas no processo de formação inicial de licenciandos contribuem significativamente, inclusive para a aprendizagem conceitual da Física, em especial de conceitos referentes à FMC, funcionando como um agente exemplar motivador para possíveis transposições nos diversos níveis escolares.

Mas no caso analisado nesse estudo, houve conflitos de diversas naturezas. O principal deles foi a situação ímpar na qual os licenciandos se encontram frente à FMC, o que acaba por deixá-los simultaneamente em dois mundos distintos, mas que se interceptam: O do professor e do aluno cientista. Como aluno de um curso de Física, o contato com a FMC se dá de forma limitada e introdutória. Como professor, se vê pressionado e acuado; pressionado pela forte tendência da introdução de FMC no EM e, acuado, por não se sentir apto, na maioria das vezes, a realizar tal tarefa.

Expressamos aqui nossa interpretação de que há uma convergência dos interesses nesses dois mundos em função do objeto a ser “ensinado” como professor ou ser “estudado” como aluno, mas que tal interpretação não se mostra de forma completamente diferenciada quando mudamos o objeto a ser ensinado (FC), haja vista a complexidade das relações didáticas.

Assim, invocamos, com base em concepções teóricas sobre a forma complexa das relações de ordem didática, ainda que em um âmbito justificacional, que são necessárias aqui algumas considerações, principalmente no que tange a análise que será realizada.

Quando, no decorrer do segundo e terceiro capítulos, foram discutidas as percepções teóricas que nortearam esse trabalho, não havia um interesse direto e imediato em utilizar todas as categorias e prerrogativas teóricas como instrumentos de análise. O exercício naquele momento era de amparar teoricamente o eixo central, baseado fundamentalmente na idéia dos CC de Gérard Vergnaud e na TD, as variáveis presentes nas relações didáticas e os obstáculos à aprendizagem. Por esse motivo foram perpassados assuntos como, por exemplo, o Contrato

Didático. Em um outro campo, um tema exaustivamente chamado à tona foram os modelos, os processos de modelização e suas implicações educacionais, pois o objeto considerado durante todo o trabalho é pertencente ao campo da Física, e não de outro.

Assim, mesmo não utilizando todos os aportes teóricos como elementos-guia de análise, advogamos pela sua pertinência como balizadores teóricos, pois houve nesse caso, a necessidade de uma ampliação teórica que permeou toda a análise, ainda que algumas vezes de forma implícita durante o texto.

4.3 INSTRUMENTAÇÃO PARA O ENSINO DE FÍSICA: HISTÓRICO⁶⁶, PANORAMA ATUAL E A ESCOLHA.

Desde 1961, ano de criação do curso de licenciatura em Física, a Instrumentação para o Ensino de Física compõe o quadro das matérias obrigatórias com o objetivo inicial de instrumentalizar os licenciandos ao desenvolvimento de trabalho experimental visando à escola básica.

Preservadas as particularidades e interesses institucionais, a matéria Instrumentação para o Ensino de Física pode ser desmembrada em várias disciplinas. Até aí, nenhuma novidade, pois, até o próprio nome *Instrumentação para o Ensino de ...* sugere diferentes interpretações. Tal afirmação pode ser verificada através da análise das ementas e planos de alguns cursos das licenciaturas em Física no Brasil, onde se verifica tanto uma diferença (algumas vezes muito significativa) em relação à carga horária, quanto aos objetivos da matéria.

Recentemente, em função da movimentação para reestruturação dos PPPs dos cursos de licenciatura e respectivas estruturas curriculares no sentido de uma adequação à resolução 01/2002 – CP/CNE, de 18/02/02, que institui as *Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação de Professores de Educação Básica, em nível superior, curso de licenciatura, de graduação plena*, e da resolução 2/2002 - CNE/CP de 19/02/02 que institui a duração e a carga horária dos cursos de licenciatura, de graduação plena, de formação de professores da Educação Básica em nível superior, é previsível que diferenças ainda maiores quanto a estruturação dos cursos⁶⁷ devam ser notadas.

Para ilustrar, mostraremos uma tabela comparativa entre algumas instituições e seus respectivos objetivos para com a disciplina Instrumentação para o Ensino de Física⁶⁸.

⁶⁶ Outro estudo pode ser encontrado em Silva (2002)

⁶⁷ Espera-se que a partir de 2006, várias instituições já tenham publicado suas respectivas grades curriculares adequadas a legislação vigente para que se possa traçar um perfil da disciplina Instrumentação para o Ensino de Física nos cursos de licenciatura do Brasil.

⁶⁸ Podem existir pequenas variações quanto à nomenclatura. O preenchimento do quadro foi feito com base nas ementas e programas disponíveis na WEB em outubro de 2004. Poderá assim haver modificações quanto aos itens pesquisados visto que os programas estão em contínua mudança.

Instituição	Localização	Carga horária total da matéria	Estudo dos projetos de ensino	Aplicação de projetos
UFSC	Florianópolis/SC	216 h/a	S	S
UFF	Niterói/RJ	180 h/a	N	N
UFRGS	Porto Alegre/RS	120 h/a	N	N
UFMG	Belo Horizonte/MG	120 h/a	N	N
UFRJ	Rio de Janeiro/RJ	270 h/a	S	N
UFSM	Santa Maria/RS	180 h/a	S	N
UnB	Brasília/DF	120 h/a	N	N
UDESC	Joinville/SC	195 h/a	S	S
UFS	Aracaju/SE	360 h/a	S	S
UFMT	Cuiabá/MT	150 h/a	S	N
UFPR	Curitiba/PR	120 h/a	N	N

Instituição	Elaboração de experiências	Presença de FMC	Presença de novas Tecnologias
UFSC	S	S	S
UFF	S	N	N
UFRGS	S	N	N
UFMG	S	N	N
UFRJ	S	N	N
UFES	S	N	S
UnB	S	N	S
UDESC	S	N	N
UFS	S	N	S
UFMT	S	N	N
UFPR	S	N	N

Dentre os pontos que merecem comentários, o mais visível é o caráter experimental voltado para o ensino, tradicionalmente conferido a essa disciplina. Medeiros e Bezerra Filho (2000), ao se referirem sobre esse ponto durante uma pesquisa com professores da disciplina que tinha por objetivo examinar as convicções filosóficas que dão suporte ao comportamento de professores de Física ao lidarem com o Ensino de Física no contexto de um laboratório, expõem:

Este ponto torna-se ainda mais importante quando o professor lida diretamente com os experimentos como sua meta principal, como ocorre nas disciplinas de Instrumentação para o Ensino de Física, comumente lecionadas nos cursos de licenciatura (MEDEIROS; BEZERRA FILHO, 2000, p.108).

No trabalho de Medeiros e Bezerra Filho (2000) ainda há componentes que reforçam essa característica mais tradicional da disciplina de Instrumentação para o Ensino de Física,

visando o desenvolvimento de experimentos com fins didáticos e seu respectivo tratamento. No quadro referente às conclusões, explanam os resultados de sua pesquisa.

O quadro que pode ser lido através de uma análise dos protocolos da nossa pesquisa permite-nos afirmar que a tarefa de tornar a disciplina de Instrumentação para o Ensino de Física um espaço privilegiado para a discussão da natureza da Ciência, em particular da relação teoria-experimento, possa ser enfocada de forma produtiva. Diante do conservadorismo denotado na visão de uma parcela dos professores entrevistados, não seria de se esperar, da parte dos mesmos, algo muito diferente de um processo de inculcação ideológica indutivista no tocante à produção do conhecimento. Assim sendo, os experimentos parecem continuar a exercer nos corações e mentes daqueles professores, um certo papel de revelador da verdade (MEDEIROS; BEZERRA FILHO, 2000, p.115).

Mas, diante da composição das tabelas acima, torna-se realmente preocupante a tendência linear de conferir a essa disciplina um caráter excessivamente experimental (no sentido clássico da palavra), principalmente em Instituições que mantêm historicamente um forte eixo de pesquisas em Ensino de Ciências.

Em uma perspectiva mais ampla e condizente com os objetivos propalados pelas pesquisas em Ensino de Ciências, Souza Cruz e Pinho Alves (2003) discutem como a inserção de resultados e temas atuais da pesquisa em Ensino de Ciências efetivamente implementados nas disciplinas de Instrumentação para o Ensino de Física, pode contribuir para o novo perfil do licenciado em Física, com finalidades e objetivos mais próximos e condizentes dos apregoados pela legislação vigente, seja no âmbito de sua atuação profissional (LDB/96, DCNEM, PCN e PCN+), como de sua formação profissional.

No entanto, todo esse contexto de mudança não atingiu os cursos de formação de professores e, por exemplo, apesar da prática pedagógica interdisciplinar estar na proposta nos PCNs, e de estudos sobre o tema estarem sendo desenvolvidos no Brasil desde 1970, esta prática não tem sido incorporada pelos profissionais da educação. Mesmo com a passagem dos anos não se nota grandes modificações, pois para Pinho Alves (2001), isso não ocorreu devido à dificuldade em se trabalhar com estratégias interdisciplinares nos cursos de formação de professores (SOUZA CRUZ; PINHO ALVES, 2003, p.2).

Registramos aqui o motivo por buscarmos inicialmente implementar nossa pesquisa junto aos articuladores do artigo citado acima, e responsáveis diretos pela característica diferenciada conferida a disciplina Instrumentação para o Ensino de Física, expresso na citação a seguir.

Cientes das novas diretrizes e aproveitando as modificações curriculares introduzidas no ano de 2000, resolvemos avaliar a inserção de resultados de pesquisa em Educação em Ciências implementados nas disciplinas de Instrumentação para o Ensino de Física (INSPE). A nossa avaliação tem uma dupla direção, por um lado, buscamos avaliar a contribuição efetiva da pesquisa na formação de um perfil profissional mais crítico, e, por outro, avaliar o quanto o contato com assuntos de pesquisa possibilitam ao licenciando uma análise mais criteriosa da prática docente (SOUZA CRUZ; PINHO ALVES, 2003, p.2)

Foi ainda descrito em Souza Cruz e Pinho Alves (2003), a estrutura e objetivos do conjunto de disciplinas que compõem a INSPE naquela instituição, tendo como principais objetivos a elaboração de um PT com o resgate teórico de temas atuais da pesquisa em Ensino de Ciências (principalmente elementos da didática francesa: Transposição Didática, Contrato Didático, Práticas Sociais de Referência e também Concepções Alternativas, Modelos e Modelização, o uso da História da Ciência etc.).

Mas, apesar de tal disciplina oferecer um rol de características extremamente propícia à realização dessa pesquisa, outro fator que contribuiu para um interesse investigatório com características ímpares foi a preocupação, por parte dos docentes responsáveis por essa disciplina, com a temática envolvendo elementos da FMC.

Os dados apresentados a seguir são resultados de nove projetos aplicados, com temas de Física Clássica e Moderna. Mesmo depois de todo o trabalho conceitual, os licenciandos apresentaram muitas dificuldades para a elaboração dos projetos e, alguns tiveram que ser descartados. Se consideramos que a grande maioria deles é professor do Ensino Médio, podemos imaginar o que está ocorrendo com os professores do Ensino Médio em geral.

A dificuldade foi ainda maior nos dois projetos de Física Moderna. Pela organização do curso de Física, nosso alunos preso à estrutura de pré-requisitos, não aceitam outra possibilidade quando da tentativa de se introduzir Física Moderna no Ensino Médio. Por outro lado, os fundamentos teóricos trabalhados e implementados, não fornecem suporte suficiente para possibilitar a elaboração de formas de inserção de Física Moderna no Ensino Médio. Dois fatores devem ser considerados. O primeiro é que as disciplinas que introduzem a Física Moderna para a Licenciatura e as Instrumentações estão não mesma fase e o segundo, é a forma com essas disciplinas são trabalhadas. Em geral, o desenvolvimento matemático é o que tem maior destaque, ficando em segundo plano a fenomenologia e o entendimento conceitual (SOUZA CRUZ; PINHO ALVES, 2003, p.3).

Nesse sentido, há uma convergência de interesses que aproxima definitivamente os objetivos de nossa análise do trabalho realizado e relatado por Souza Cruz e Pinho Alves (2003), onde destacamos a preocupação com as características diferenciadas dos conceitos referentes à FMC e a alocação dos licenciandos em uma situação nitidamente diferenciada, que aproxima os interesses de uma formação inicial voltada a atender minimamente os preceitos da legislação educacional vigente.

Contudo, como já previsto na referida disciplina, há um direcionamento, mas não uma imposição quanto ao tratamento de FMC no desenvolvimento e aplicação dos PT, o que acarretou em resultados diferentes dos previstos inicialmente. De forma resumida, esperava-se que houvesse um interesse maior, por parte dos licenciandos, em executar seus PT a partir de temáticas envolvendo FMC, o que não aconteceu. Essa constatação não descaracteriza o trabalho, pelo contrário, reforça a tendência existente pelos licenciandos (e futuros professores) em não optar pelo tratamento de elementos da FMC, mesmo quando a oportunidade e amparo existem. Dentre todos os cinco PT acompanhados nesse período,

apenas dois indicaram traços de temáticas envolvendo FMC, o projeto sobre os “Raios-X” e o projeto “Entre nessa microonda”.

Mesmo diante da exigüidade de projetos destinados ao interesse dessa pesquisa, ocorreu em um âmbito mais geral uma preocupação (tanto pelos responsáveis pela disciplina como pelo pesquisador) em procurar estabelecer uma articulação ampla com a realidade prática e a aproximação entre as disciplinas específicas e pedagógicas que, conforme já descritos por Zimmermann e Bertani (2003), são problemas latentes de áreas ligadas ao Ensino de Ciência, dentre elas, o Ensino de Física.

Pesquisas na área de formação de professores têm apontado para alguns problemas que precisam ser debatidos em profundidade, dentre os quais: 1) desarticulação entre a realidade prática e os conteúdos acadêmicos do futuro professor (Perrenoud, 1997, 2001; Pereira, 2000) 2) A separação entre as disciplinas específicas e as pedagógicas (Carvalho, 1988; Pimenta, 1994, 1996, 1997 ; Pereira, 2000) (ZIMMERMANN; BERTANI (2003, p.44).

De forma resumida, a opção por centralizar nossa atenção na disciplina INSPE C do curso de Licenciatura em Física da Universidade Federal de Santa Catarina como ambiente para coleta de dados e análise se deu por motivos diretos e indiretos, como:

- Características da disciplina compatíveis aos objetivos de pesquisa.
- Ótima recepção e declarado interesse dos professores da disciplina.
- Interesse institucional nos resultados decorrentes da pesquisa.
- Ambiente propício à presença do pesquisador.
- Compatibilização de interesses com outras disciplinas do curso, dentre as quais: Metodologia e Prática de Ensino de Física e Prática de Ensino de Física – Estágio Supervisionado.
- Período de atividades da disciplina compatíveis ao tempo de execução do PT.
- Cidade residente do pesquisador, possibilitando um acompanhamento mais ativo e efetivo.

Explicitado os contornos que definiram o ambiente dessa pesquisa, resta complementar de maneira informativa a locação da disciplina no rol de matérias do curso de licenciatura.

Atualmente, no curso de Física (Licenciatura) da UFSC, a Instrumentação para o Ensino é dividida em três partes (INSPE A, B, C) e perfaz uma carga horária total de 216h/a (72h/a cada), dispostas na 5ª, 6ª e 7ª fase do curso respectivamente.

Em INSPE A⁶⁹, ocorre a apresentação e discussão de projetos de ensino clássicos e contemporâneos – PSSC, Harvard, Nuffiel, Piloto, FAI, PEF, PBEF - e pesquisas em Ensino de Física/Ciências visando à fundamentação teórica e contextualização histórica dos licenciandos quanto a atividades desenvolvidas em formas de projetos que visassem a melhoria do Ensino de Física no Brasil.

A disciplina INSPE B caracteriza-se pela confecção de um Projeto Temático (PT) com o uso de atividades práticas. Nessa disciplina é retomada, de forma complementar, a discussão sobre a função e o papel das atividades experimentais no Ensino de Física, conjuntamente com a análise e discussões sobre uso de Multimídia no Ensino da Física.

Durante a disciplina de INSPE B cada grupo tem a incumbência de apresentar três seminários, além de sua apresentação final. No primeiro seminário é apresentada, principalmente, a sequência de conteúdos a serem trabalhados, juntamente com a bibliografia inicial a ser utilizada em cada um dos PT. O segundo seminário consiste de apresentação das adequações metodológicas e da sequência didática, onde os licenciados devem fazer, de forma explícita, um cronograma detalhado de cada uma das aulas que compõem os PT. Um terceiro seminário centra-se na apresentação, agora já mais elaborada, dos diferentes conceitos tratados nos PT e de seu respectivo processo de modelização. O encerramento da disciplina de INSPE B se dá com a apresentação do produto final, ou seja, uma visão geral do PT com todos os seus anexos. É importante frisar que todos os PT devem contemplar, obrigatoriamente, atividades experimentais.

Nos PT desenvolvidos nas disciplinas de INSPE B, os alunos são divididos em grupo com quatro alunos, em média. Tal divisão é praticamente uma condição necessária para as atividades decorrentes na disciplina de INSPE C.

Basicamente os PT são centrados em duas linhas preferenciais, que são a Física do cotidiano e/ou Física Moderna. As temáticas propostas inicialmente pelos responsáveis da disciplina são sorteadas dentre os grupos, onde cada grupo desenvolve um material instrucional para os alunos do EM e para os professores desse nível escolar.

Nesse sentido, a produção do material instrucional deve contemplar, conforme o programa da disciplina, *“conteúdo, exercícios, atividades experimentais, proposta de avaliações e demais formas ou processos instrucionais que se fizerem adequados”*. Sua confecção objetiva que qualquer professor, nas mais longínquas localidades, possa aplicá-lo

⁶⁹ Ver ementas em Anexo 3.

sem contar com a presença de seus desenvolvedores. Por esse motivo, os materiais produzidos têm também um formato digital, além do material impresso, visando sua disseminação.

Em INSPE C, ocorre a aplicação dos PT desenvolvidos para alunos da escola básica, projetos estes, reestruturados por licenciandos que preferencialmente não participaram de sua confecção em INSPE B.

Assim, a disciplina INSPE C fundamenta-se basicamente em propiciar aos licenciandos, elementos para a avaliação do processo de ensino e aprendizagem a partir da avaliação e aplicação dos PT desenvolvidos em INSPE B, concretizadas através da elaboração de um relatório crítico dos resultados obtidos da aplicação do PT para a comunidade universitária e alunos da educação básica. De forma sintética, a disciplina é dividida em duas partes; uma destinada à adaptação dos PT desenvolvidos em INSPE B (em função do público escolhido e de variações no número de aulas inicialmente proposto) e os escolhidos para serem reformulados, e outra, que consiste de sua aplicação, sempre acompanhada de avaliações constantes.

Dentre as características que conferem um diferencial à disciplina INSPE do curso de Física da UFSC, destacamos que a confecção e aplicação de PT pelos licenciandos para a comunidade exterior à universidade, essencialmente estudantes do EM, é sem dúvida umas delas. A aplicação de PT para um público específico e externo, diferencia-se significativamente da apresentação de seminários entre pares, pois não existe a “esquizofrenia” de simular os colegas como alunos do EM.

De forma controlada, mas ainda assim inédita, os PT são preparados para alunos de um determinado nível escolar, e para eles serão apresentados. Elaboração de atividades dessa natureza tem-se mostrado de grande aceitação por formandos, diante das atividades de docência que compõem a sua formação inicial.

Apesar de reconhecida a importância do trabalho feito em INSPE A do curso de Física da UFSC, focalizaremos nossa análise junto à INSPE B e INSPE C, fazendo, sempre que necessário, as menções cabíveis às demais disciplinas do curso, sejam elas estruturais, integradoras ou contextuais.

4.4 AS FASES DAS ATIVIDADES DE PESQUISA

A fim de ilustrar as fases da coleta de dados e seus respectivos objetivos, foi construída uma tabela, onde seguidamente serão comentadas e explicitadas as atividades pertinentes. Para efeito de organização⁷⁰, utilizaremos a sistemática utilizada no Capítulo I visando identificar os entrevistados. EX: (ADM - E2), onde as primeiras três letras identificarão o entrevistado e o código seguinte (E2) localizando em qual evento tal consideração foi retirada.

AÇÃO	PERÍODO	CÓDIGO
Aplicação de questionários e realização de entrevistas referente à presença de FMC no EM junto a 15 licenciandos (Capítulo I).	2002/2 e 2003/1	E0
Entrevista Piloto	2003/2	E1
Entrevistas com licenciandos concluintes de INSPE C (12)	Primeiro período (2004/1)	E2
Entrevistas com Bacharéis em Física e estudantes de engenharia referentes aos conceitos físicos tratados nos projetos de INSPE C (22)	Primeiro período (2004/1)	E3
Entrevista com licenciandos no início de INSPE C (29)	Segundo período (2005/1)	E4
Entrevistas com licenciandos depois de definido os temas dos projetos a serem confeccionados	Segundo período (2005/1)	E5
Entrevistas e aplicação de questionários abertos com licenciandos ao término da aplicação dos projetos junto aos alunos do EM	Segundo período (2005/1)	E6

Todas as considerações relativas à atividade E0 encontram-se no capítulo I, no subitem 1. 6, *A Física Moderna e Contemporânea e os Licenciandos em Física: Conflitos e Aproximações*.

⁷⁰ Os Protocolos norteadores das entrevistas e questionários encontram-se no item “ANEXOS” nas páginas finais desse trabalho, designadas pelos seus respectivos códigos.

A Atividade E1 – Entrevista piloto, foi realizada durante o último semestre de 2002 e teve como objetivo traçar os principais parâmetros que viriam servir de referência para as entrevistas que seriam realizadas no ano seguinte. Naquele momento inicial, cinco recém-licenciados em Física se dispuseram a responder sobre as atividades realizadas na disciplina de Instrumentação para o Ensino de Física C (INSPE C), que havia sido concluída por eles no ano de 2002. Sendo assim, as perguntas foram direcionadas e bem específicas (principalmente no que tange aos conceitos de Física envolvidos nos PT).

As duas primeiras entrevistas piloto foram cansativas, em média de 2h e 10 min e foram realizadas com questionamentos tanto sobre os conceitos envolvidos nos PT tratados, como sobre suas implicações didáticas. Da transcrição das fitas é notório um clima de cansaço por parte dos entrevistados e pesquisador, além de certo “desconforto” quando os entrevistados eram abordados de forma mais incisiva sobre conceitos de Física envolvidos nos PT. Sendo assim, optou-se naquele momento em reduzir, em torno de 60%, os questionamentos estruturais, na tentativa de enquadrar as entrevistas em um tempo aproximado de 50 minutos.

As três entrevistas seguintes que complementaríamos a fase das entrevistas piloto deveriam se dar nesses moldes. Foi feita uma mescla de perguntas, congregando questionamentos específicos sobre os conceitos de Física envolvidos nos PT e a perspectiva de seus executores.

Notou-se nessa etapa da entrevista piloto dados mais substanciais, apesar das perguntas estruturais terem sido reduzidas. Os entrevistados apresentaram-se nitidamente mais dispostos a responder, comentar e questionar sobre as atividades realizadas e decorrentes de seus respectivos PT.

Um dos pretensos entrevistados não apareceu. Na ordem programada ele seria o terceiro, em um dia subsequente as duas primeiras entrevistas. Acreditamos que um dos motivos da ausência (não justificada) tenha sido os comentários dos colegas entrevistados anteriormente sobre a extensa lista de questões apresentadas e a necessidade do dispêndio de tempo significativo para realizá-las.

Conforme já justificamos anteriormente, optamos por programar as entrevistas seguintes dentro de um tempo não superior a uma hora, dividindo-as em três partes: “Ambientação” (provendo questões acerca da formação acadêmica e atividades profissionais),

“Características” e influências dos PT na formação dos licenciandos e “Questões específicas” sobre a Física envolvida nos PT.

A partir da reestruturação feita devido às Entrevistas Piloto (E1), foi dado início a primeira fase significativa (E2) desse estudo, iniciado no segundo semestre de 2004. Foram entrevistados 12 alunos que haviam concluído no primeiro semestre de 2004 a disciplina de INSPE C⁷¹. Anteriormente ao período de entrevistas, foi acompanhado, no início do primeiro semestre de 2004 por intermédio dos professores responsáveis pela referida disciplina, o desenvolvimento dos trabalhos desenvolvidos pelos licenciandos na disciplina antecessora (INSPE B), no intuito de ambientar o pesquisador ao campo de pesquisa.

Todos os entrevistados que participaram desse estudo permitiram que as entrevistas fossem gravadas em áudio, para que posteriormente fossem transcritas e submetidas à sua apreciação.

Assim como nas entrevistas piloto, além das perguntas elencadas pertinentes ao desenvolvimento dos PT, foi também questionado sobre a experiência docente (quando ela existia) dos licenciandos, no intuito de traçar um comparativo das respostas e sua possível relação com a prática no exercício docente.

Após a transcrição das entrevistas, as mesmas foram distribuídas a todos os entrevistados, para que pudessem verificar se suas opiniões haviam sido compreendidas corretamente pelo entrevistador. Todos tiveram um prazo de quinze dias para a leitura, sendo que o retorno ocorreu via correio eletrônico sem ressalvas pelos entrevistados.

Nesta etapa (E2), seis dos entrevistados trabalharam no projeto “Apagão⁷²” (ou durante a fase de confecção – INSPE B – ou na fase de remodelação e apresentação – INPSE C) e seis entrevistados responderam os questionamentos sobre o PT cuja temática focalizaram no estudo das microondas⁷³.

Visando obter dados para uma argumentação não restritiva, foram entrevistados, ainda durante o primeiro período, alunos do curso de bacharelado em Física da UFSC, onde os questionamentos presentes nos protocolos (E3) versavam sobre conceitos com os quais os alunos já haviam tido contato formalmente em disciplinas específicas, assim como os

⁷¹ A escolha por tal disciplina deu-se em função das características da mesma e de fatores que compõem e articulam o desenvolvimento deste trabalho. Sua caracterização, histórico e pertinência serão apresentadas e discutidas a seguir.

⁷² O título original do PT é “O dia em que a ilha apagou”

⁷³ O título original do PT é “Entre nessa microonda”

licenciandos, porém, sem serem retomados de forma que os visasse como objeto de ensino (fato que se dá aos cursistas de INSPE).

Nessa fase (E3) Foram entrevistados 22 alunos do curso de bacharelado em Física e Engenharias, sendo sete deles alunos que haviam concluído a disciplina Mecânica Quântica, disciplina da sétima fase do curso (questões referentes ao tema Microondas) e 15 alunos que haviam concluído recentemente a disciplina de FÍSICA GERAL 3⁷⁴, (questões referentes ao tema do projeto ‘Apagão’).

O objetivo dessa etapa de entrevistas (E3) foi o de traçar um comparativo entre a formação dos estudantes de Física (licenciatura e bacharelado) referente aos conceitos de Física, uma vez que, fatalmente os futuros bacharéis deverão, ora ou outra, no decorrer de sua carreira, ter um contato mais direto com questões de ensino.

Tivemos também como meta, detectar se disciplinas que não fazem parte do rol daquelas que compõe o núcleo estrutural (Física Básicas, Laboratórios, Física Moderna, Cálculos, Químicas, etc), ou seja, disciplinas com função mais integradoras (por exemplo, Instrumentação para o Ensino de Física e Metodologia de Ensino de Física) podem ajudar também na formação conceitual dos licenciandos, para além de seus objetivos (Didáticos e Metodológicos) específicos.

Durante as entrevistas da fase E3, não foi solicitada nenhuma espécie de identificação dos entrevistados, pois, como se tratavam de alunos do curso de bacharelado e engenharias que não estão acostumados com esse tipo de técnica, optou-se pelo anonimato, onde se percebeu que tal iniciativa os deixou mais “à vontade”. Encerrou-se, com isso, o primeiro período de entrevistas.

Iniciando um segundo período, foram entrevistados 29 alunos de INSPE C 2005/1, sendo que com cada aluno foram dispensados aproximadamente 70 minutos em cada uma das três entrevistas (E4, E5 e E6) conjuntamente da aplicação do questionário abertos, em alguns casos para responder as perguntas propostas.

Este segundo período de entrevistas diferencia-se potencialmente do primeiro no quesito tempo, pois nesse segundo caso, foi realizado acompanhamento mais amplo dos alunos que participaram da reelaboração e aplicação dos PT. Assim, o público era novamente

⁷⁴ Assim como a maioria dos Cursos de Física e Engenharia no Brasil, a Disciplina Física 3 ou similar corresponde a apresentação e discussão de conceitos de Eletricidade e Eletromagnetismo.

composto pelos alunos de INSPE C, porém, eles seriam entrevistados em momentos diferentes; no início (E4), durante o desenvolvimento (E5) e ao final da aplicação (E6).

A primeira coleta de dados (E4) antecedeu o primeiro dia de aula da disciplina. A segunda entrevista aconteceu ao iniciar da disciplina INSPE C (E5), com o diferencial de que o pesquisador e professores da disciplina já sabiam nessa etapa os PT escolhidos para serem reestruturados e aplicados em INSPE C, mas os licenciandos ainda não.

Para a captação de tal informação, foi necessário um contato prévio com os professores de INSPE C sobre os PT desenvolvidos em INSPE B (e escolhidos para serem reestruturados e aplicados em INSPE C) para que o entrevistador pudesse elaborar com antecedência um roteiro básico para as entrevistas, visto que, para cada um dos grupos foram feitos questionamentos específicos sobre a parte conceitual referente à Física envolvida no PT. Neste segundo período correspondente aos protocolos E4, E5, E6, foram escolhidos, para serem reelaborados e aplicados, os seguintes projetos: “Raios-X”, “Curtindo um som” e “de olho no furacão”.

Apesar da mudança de temas em relação às entrevistas do primeiro período (E1, E2), os objetivos permaneceram os mesmos, contudo, captados agora não somente ao término do projeto, mas durante todo o processo de reestruturação e aplicação dos mesmos.

Assim, de forma geral, foram analisados cinco PT, aos quais seus títulos apareceram durante esse capítulo. Foram eles:

Título do projeto	Fenômenos tratados
Entre nessa μ onda [Microondas]	Interação da radiação com a matéria
O dia em que a ilha apagou [Apagão]	Eletrodinâmica/Eletromagnetismo
De olho no furacão	Termodinâmica/Mecânica dos Fluidos
Descubra o X da questão [Raios-X]	Interação da radiação com a matéria
Curtindo um som	Oscilações/Ondas Mecânicas

Apesar disso, houve entrevistados que ainda trabalharam na confecção de outros PT que não vieram a ser reelaborados em INSPE C, por exemplo, os projetos “A Física dos mágicos”, “Troque a pilha minha filha”, “Faraday induz a festa” e “Aproveitando a maré”.

Nesse sentido, todos os demais PT mencionados não foram descartados enquanto idéias, contudo, para a análise que seguirá no capítulo seguinte, estes não serão retomados; eventualmente caberão menções esporádicas.

Dos PT analisados para essa pesquisa e representados na tabela acima, o projeto “O dia em que a ilha apagou” teve por objetivo apresentar à estudantes do EM, os fenômenos físicos ligados à energia elétrica, bem como alguns dispositivos tecnológicos. Mais especificamente, buscou abordar a importância da energia elétrica, dos vários tipos de usinas geradoras e dos recursos naturais utilizados, sua transmissão etc, retomando e rediscutindo o famoso “apagão” ocorrido na ilha de Florianópolis em outubro de 2003.

O projeto “Descubra o X da questão” buscou focar basicamente os conceitos envolvidos na produção, aplicação e efeitos dos Raios-X, onde trataram, dentre diversos assuntos, o funcionamento do tubo de Crookes, o experimento de Röntgen, aspectos da estrutura da matéria e sua interação com ondas eletromagnéticas, além da ionização de átomos.

O projeto “De olho no furacão”, assim como o PT referente ao “Apagão” ocorrido em Florianópolis, utilizou como principal atrativo eventos regionalizados, nesse caso a passagem do ciclone extratropical pela região sul do estado de Santa Catarina. Assim, os desenvolvedores desse PT objetivaram discutir a fenomenologia da Física que permeia o entendimento de furacões, tufões, ciclones e tornados.

Em “Entre nessa μ onda”, os licenciandos abordaram fenômenos e conceitos físicos como a Interação da radiação com a matéria, a polarização e interferência de ondas eletromagnéticas, visando discutir sobre uma temática centrada no forno de microondas aspectos mais amplos, como por exemplo, o uso racional de produtos tecnológicos.

O projeto “Curtindo um som” buscou tratar de conceitos relativos à acústica e ondas sonoras no seu aspecto mais geral; dentre eles, a produção do som, sua propagação, captação, além de explorar a estrutura e fisiologia do ouvido.

No que se refere às inferências do entrevistador durante toda a pesquisa, foram realizadas 82 entrevistas com acadêmicos distintos, sendo 15 licenciandos entrevistados na Etapa E0 que responderam principalmente sobre a característica (formativa/informativa) da FMC no EM. No primeiro período tivemos um total de 38 entrevistados, sendo quatro na

entrevista piloto (E1), 12 concluintes da disciplina INSPE C (E2) e 22 bacharelados⁷⁵ (E3) concluintes de disciplinas referentes aos conteúdos tratados nos PT desenvolvidos em INSPE C. No segundo período foram acompanhados 29 licenciandos (entrevistas e questionários) em três momentos (E4, E5, E6) durante a confecção de seus PT.

Concluindo esse subitem, gostaríamos de enfatizar que apesar do objetivo central voltar-se à discussão sobre a FMC, foram acompanhados e analisados, na sua maioria, PT que tratavam fundamentalmente de conceitos de FC, visando principalmente uma complementação e aprofundamento de nossa análise. De antemão, expressamos parte de nossa frustração devido à opção dos licenciandos em não tomarem como temática de seus respectivos PT os elementos que compõem a FMC. Mas sobre isso, deixaremos para discussão um item específico no Capítulo VI.

⁷⁵ Apesar de indicarmos somente bacharelados em Física, houve durante essa etapa entrevistados que eram provenientes de cursos de Engenharia.

4.5 ASPECTOS METODOLÓGICOS: FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A presente investigação terá uma perspectiva qualitativa com a utilização principal de entrevistas semi-estruturadas. Como ponto de partida, foi realizada uma aproximação entre pesquisador e ambiente, visando a familiarização com o contexto em que o fenômeno educacional estudado se inseriu, no intuito de elucidá-lo em seus aspectos mais importantes sem, contudo, tentar manipular ou controlar as variáveis que o influenciam.

Admitimos, desse modo, que a perspectiva qualitativa de pesquisa inevitavelmente conterá o fator subjetivo. Mas, de qualquer forma, todo tipo de pesquisa terá a presença do juízo humano, mesmo aquelas de natureza numérica, pois a escolha de amostra, o tipo de tratamento dos dados obtidos, as condições de aplicação dos testes e a apresentação dos resultados finais são de natureza subjetiva.

De outro lado, generalizações estatísticas podem negligenciar informações subjetivas e pontuais que poderiam ser de grande interesse dos indivíduos e instituições que fazem parte do fenômeno educacional. Isso acaba orientando o foco para resultados gerais de uma “realidade” limitada que ignora eventos relevantes na prática educacional.

Assim, a opção pela utilização de entrevistas semi-estruturadas se deve, principalmente, à importância dada ao sujeito nessa estratégia, o que possibilita uma compreensão mais ampla dos processos e produtos de interesse do investigador qualitativo (Triviños, 1987). Alguns autores, como Stake (1983), denominam este procedimento metodológico de “pesquisa qualitativa ou naturalista”, ou simplesmente pesquisa qualitativa, assim como Lüdke e André (1986).

Esse tipo de estratégia fundamenta-se nos pressupostos que subjazem abordagens desta espécie. Destacamos a especificidade do tema a ser abordado, em que o pesquisador buscou identificar e interpretar o máximo de variáveis envolvidas no fenômeno, sem que, necessariamente, as conclusões do estudo realizado num contexto em particular, almejem responder questões idênticas em contextos similares.

Abordagens deste tipo permitem ainda ao pesquisador a utilização de um amplo leque de técnicas. E nesse caso, o problema irá determinar a utilização de certos métodos e não o contrário, de modo que as técnicas possam ser utilizadas de forma combinada, visando esclarecer um problema comum.

Nesse sentido, o enfoque qualitativo ainda possibilita um maior aprofundamento do estudo em questão, principalmente pelo fato do pesquisador estar parcialmente inserido no contexto em que ele ocorreu.

Pesquisas deste tipo ganharam força no campo da educação na década de 70, em oposição à abordagem positivista que aplicava os métodos e princípios das Ciências Naturais no estudo das Ciências Humanas. Pesquisas da época retratam os fenômenos educacionais estudados isoladamente, como se estivessem em um laboratório, em que suas variáveis também eram isoladas e analisadas para constatar suas influências sobre o fenômeno em estudo. Também se acreditava na possibilidade da decomposição das variáveis dos fenômenos educacionais, a fim de realizar um estudo analítico, preferencialmente quantitativo, que conduziria ao amplo conhecimento de tais fenômenos.

Dentre esses preceitos, talvez o mais grave fosse o de conceber a idéia de uma possível separação entre o pesquisador e seu objeto de estudo. Em sua atividade de investigação era exigido do pesquisador o maior afastamento possível do seu objeto de estudo, para que sua subjetividade não implicasse em influências no ato de conhecer. Desse modo, buscava-se uma maior objetividade e os fatos se apresentariam como realmente são em sua realidade. Conforme Lüdke e André (1986, p.4) acreditava-se que “*o conhecimento se faria de maneira imediata e transparente aos olhos do pesquisador*”.

Porém, trabalhos constaram que a revelação dos dados não é ato gratuito e que o pesquisador possui seus princípios, idéias, valores e pressupostos, ou seja, é a partir do que o pesquisador conhece sobre o assunto que se torna possível os questionamentos que poderão levá-lo a conhecer melhor o seu objeto. Esse tipo de pesquisa qualitativa recebeu críticas, principalmente como sendo mera especulação, porém, a visão subjetiva da descrição qualitativa pode ser consistente, lógica e coerente se o pesquisador possuir um embasamento teórico estruturado para apoiar suas análises e interpretações.

A origem da pesquisa qualitativa está na antropologia e na sociologia, articulada à investigação etnográfica (TRIVIÑOS, 1987). Tal associação faz todo sentido se a Etnografia é entendida como o estudo da cultura, na qual o pesquisador participa ativamente da realidade sócio-cultural do fenômeno em estudo, com influências da sua visão de homem e de mundo.

Isso traz para a educação a idéia de contexto, onde a realidade dos fenômenos educacionais deixa de ter uma perspectiva de permanência, isolados no espaço e no tempo, na qual era possível obter um conhecimento definitivo, e passa a ter uma categoria dinâmica, em

que tais fenômenos se inserem em um contexto social e sofrem influências determinantes de uma realidade histórica. A relação de causa e efeito que pretendia uma linearidade entre as variáveis envolvidas é substituída pela visão de complexidade que age no campo da educação. Bogdan, por exemplo, aponta como uma das características fundamentais da pesquisa qualitativa o fato de ter “*o ambiente natural como fonte direta dos dados e o pesquisador como instrumento-chave*” (apud TRIVIÑOS, 1987, p.128).

Desse modo, a pesquisa qualitativa demanda um contato direto entre pesquisador e o ambiente no qual se insere o fenômeno educacional a ser estudado, pois é onde eles acontecem naturalmente. Tal exigência se justifica pelo fato de que a situação na qual os fenômenos educacionais ocorrem acaba por sofrer as influências do seu contexto. Além disso, todos os dados são importantes e o pesquisador precisa ficar atento ao maior número de elementos que possibilitem uma melhor compreensão do que se está estudando.

Além do que foi exposto, esse tipo de estratégia permite ainda o estabelecimento de relações de influências entre os indivíduos, ou como ressalta Lüdke e André, *a entrevista ganha vida ao iniciar o diálogo entre o entrevistador e o entrevistado*. (1986, p.34).

O contato direto do pesquisador com o fenômeno estudado e o ambiente no qual está situado, permite ainda que os dados obtidos descrevam as perspectivas dos sujeitos envolvidos. E, quando essas perspectivas são consideradas, “*os estudos qualitativos permitem iluminar o dinamismo interno das situações, geralmente inacessíveis ao observador externo*” (LÜDKE; ANDRÉ, 1986, p.12). Nesse caso, os resultados e produtos não são as únicas preocupações da pesquisa qualitativa, mas também o processo, buscando suas causas e relações.

Temos expressado reiteradamente que o processo da pesquisa qualitativa não admite visões isoladas, parceladas, estanques. Ela se desenvolve em interação dinâmica retroalimentando-se, reformulando-se constantemente, de maneira que, por exemplo, a Coleta de Dados num instante deixa de ser tal e é Análise de Dados, e esta, em seguida, é veículo para nova busca de informações. As idéias expressas por um sujeito numa entrevista, verbi gratia, imediatamente analisadas e interpretadas, podem recomendar novos encontros com outras pessoas ou a mesma, para explorar aprofundadamente o mesmo assunto ou outros tópicos que se consideram importantes para o esclarecimento do problema inicial que originou o estudo (TRIVIÑOS, 1987, p.137).

Os instrumentos que ressaltam a importância do sujeito na pesquisa, segundo TRIVIÑOS (1987, p.138), se mostram “*mais decisivos para estudar os processos e produtos nos quais está interessado o investigador qualitativo*”, são a “*entrevista semi-estruturada, a entrevista aberta ou livre, o questionário aberto, a observação livre, o método clínico e o método de análise de conteúdo*”.

4.5.1 AS ENTREVISTAS SEMI-ESTRUTURADAS E OS QUESTIONÁRIOS ABERTOS

Uma das técnicas básicas de coleta de dados é a entrevista. Ela visa, através do contato entre o pesquisador e o entrevistado, obter dados relevantes para a pesquisa, de acordo com os objetivos da mesma. O entrevistado discursa sobre o tema em enfoque com base nas informações que ele tem sobre o assunto e, já que é o entrevistador que cria a realidade da situação da entrevista, ela não é uma ferramenta neutra.

Conforme Richardson (1985, p.161), *“o termo entrevista refere-se ao ato de perceber realizado entre duas pessoas”*. A entrevista possibilita uma apropriação imediata das informações, pois há uma interação e uma relação de influências entre os indivíduos de modo que *“a entrevista ganha vida ao iniciar o diálogo entre o entrevistador e o entrevistado”* (LÜDKE; ANDRÉ, 1986, p.34).

Entrevistas, em geral, se realizam de maneira exclusiva com indivíduos ou grupos de indivíduos, possibilitando ao pesquisador correções, adaptações e esclarecimentos imediatos, facilitando a obtenção das informações desejadas. Entretanto, podemos distinguir três tipos de entrevistas; uma chamada não-estruturada, que é realizada de maneira livre pelo pesquisador, sem um roteiro preestabelecido. Outra, chamada estruturada, que difere de um questionário por ter como vantagem o fato do entrevistador estar por perto para algum esclarecimento, na maioria das vezes, visa obter dados para tratamento estatístico.

No tipo de entrevista semi-estruturada não há uma imposição rígida na ordem das questões, pois as informações obtidas podem gerar novas perguntas. Nesse caso, o entrevistado fala sobre os temas conforme as informações de que dispõe (Lüdke; André, 1986). A nosso ver, uma abordagem com entrevistas semi-estruturadas, a partir de uma situação básica, parece ser a mais adequada para esse trabalho.

A opção por esse tipo de entrevista na pesquisa aqui relatada também se deve ao fato de que a presença do pesquisador é valorizada, ao mesmo tempo em que oferece um certo grau de liberdade ao entrevistado. Nesse sentido, através de questionamentos básicos e com fundamentação teórica, a entrevista semi-estruturada possibilita uma extensa gama de questões a partir das respostas dadas pelo entrevistado, que descreve suas experiências dentro do que foi colocado pelo pesquisador.

No que se refere à elaboração dos instrumentos de pesquisa, o investigador precisa compreender “*a relação que deve existir entre ‘pesquisador’ e ‘pesquisado’, onde ambos são sujeitos de um processo de desenvolvimento*” (RICHARDSON, 1985, p.172). Tal perspectiva oferece oportunidade para não somente descrever o fenômeno em foco, mas compreender sua totalidade, pois a entrevista não tem um fim em si mesma. Além do respeito à cultura e aos valores do entrevistado, esse tipo de entrevista permite reorientações e adaptações em um transcorrer natural de informações que vão sendo coletadas e analisadas.

Complementando as entrevistas semi-estruturadas como instrumento de coleta de dados, a aplicação de questionários abertos também foi realizada nessa pesquisa.

Segundo Silva e Schappo (2002) *o questionário talvez seja o mais comum dos instrumentos de coleta de dados utilizados nas pesquisas* (p.109) e, desde que bem preparado e adaptado ao objetivo da pesquisa, esse instrumento possibilita a coleta de informações e dados em um tempo reduzido. Mas para que tal processo aconteça, ele precisa ser bem administrado, assim como qualquer técnica de investigação.

No nosso estudo, o questionário foi pouco utilizado, e acabou servindo como um elemento de escape, justamente durante um dos momentos em que o tempo, disponível pelos respondentes, era escasso, e onde não podíamos comprometer a evolução temporal dos elementos que buscávamos investigar.

A necessidade de sua utilização também se deu em função do grande número de entrevistados em um momento ímpar das atividades e da impossibilidade momentânea para a realização de intervenções individuais.

Apesar deste fato, a aplicação dos questionários foi acompanhada integralmente pelo pesquisador, em tempo e local previamente marcado, no intuito de sanar qualquer tipo de dúvida referente à interpretação das perguntas. Contudo, um número muito pequeno de respondentes foi submetido a essa técnica. Traçando um comparativo com aqueles que no mesmo momento foram entrevistados, não houve grandes distorções.

Mas é importante externar aqui algumas preocupações, pois se tratando de uma análise sobre perspectivas de aprendizagem, onde a construção de modelos é um dos focos, há trabalhos que indicam dificuldades metodológicas nesse tipo de pesquisa. Moreira (1996) aponta duas delas. A primeira diz respeito às crenças que cada indivíduo tem em certas coisas, e que nem sempre são corroboradas em seus procedimentos, aliadas ao fator dissimulação, ou seja, a resposta dada ao pesquisador pode ser meramente uma proposição criada naquele

momento para aquela situação. Na segunda, apóia-se em Norman (1983) para dizer que não adianta buscarmos modelos claros, nítidos, elegantes, pois os modelos que as pessoas têm de fato são estruturas confusas, mal feitas, incompletas e difusas e sempre artificiais.

Mesmo considerando o “alerta” acima, acreditamos que as ferramentas propostas são as mais adequadas a esse trabalho, haja vista a grande adesão feita por pesquisas atuais sobre Ensino de Ciências e os resultados obtidos.

4.6 A RELAÇÃO DO LICENCIANDOS COM O UNIVERSO ESCOLAR.

Uma das acepções da palavra profissão é atividade ou ocupação especializada, e que presumidamente, supõe um determinado preparo. No caso dos estudantes que cursam a Licenciatura em Física, sua ocupação exige um preparo amplo, visto que sua atuação se dá em um campo social de interações múltiplas – a escola.

No intuito de consolidar de forma eficaz essa formação, IES tem reformulado suas grades e estruturas curriculares a partir da legislação pertinente⁷⁶, de forma mais visível, distribuindo a componente prática do curso ao longo de toda a formação inicial.

Certamente não faltam motivos para essa justificada distribuição. E desde já, assumimos que tal iniciativa tende a trazer contribuições positivas para a formação inicial de professores. Contudo, não podemos deixar de comentar que a necessidade de uma legislação visando uma aproximação “antecipada” de estudantes dos cursos de licenciatura, no caso da Física, não foi durante décadas uma necessidade. Primeiramente por haver um percentual ínfimo de formados em relação à demanda, sendo que estes eram absorvidos pela rede de ensino durante sua graduação, onde não era nada incomum, graduandos deixarem ou retardarem suas atividades acadêmicas para se dedicarem a “prática” da sala de aula, tamanha a necessidade de professores nessa área⁷⁷.

Contudo, o que observamos inicialmente através das entrevistas realizadas para essa análise é que esse panorama de licenciandos-professores tem mudado. Dentre os 82 indivíduos entrevistados⁷⁸, 60 deles eram licenciados ou licenciandos em Física, sendo que 40, ou seja, mais de 66% tinha nas disciplinas de sua formação inicial (principalmente na disciplina Prática de Ensino de Física e Instrumentação para o Ensino de Física) a referência única para a função que assumirão como futuros professores.

“Já estou pensando no estágio e às vezes fico até sem dormir por causa disso. Estou chegando no fim do curso e não sei bem se é isso que eu quero (...) Tenho medo de ir lá para frente e dar um vexame.”
(RBB – E0)

⁷⁶ Vide Capítulo I

⁷⁷ Tomando um exemplo, que em conversas informais com colegas da área tende a se repetir em outras IES, quando o autor dessa tese estava cursando, em seu curso de graduação, a disciplina Instrumentação para o Ensino de Física 1, na UFSC, no ano de 1996/1997, todos os seis alunos que freqüentavam a referida disciplina vinham de uma longa experiência de sala de aula, alguns até, cujo tempo de sala de aula superava o tempo de atividades acadêmicas formais.

⁷⁸ A listagem codificada de todos os entrevistados encontra-se no Anexo 4.

“Estou pisando, como professor em uma sala de aula, nesse semestre (...) Quer dizer, não é muito bem como professor, pois na verdade estou fazendo o Estágio obrigatório. E como os alunos lá da escola sabem que eu sou estagiário, eu estou sentindo que eles estão pegando leve, pois eu ainda sou ‘café com leite’.” (DCC – E1)

“A princípio eu não tinha tido nenhum tipo de experiência de docência, no caso eu comecei a ter essa experiência junto da Prática de Ensino e instrumentação. A princípio eu tinha um certo receio de saber se eu teria capacidade de ser um professor ou não, e pelo que eu me portei eu achei que foi bom, que eu tenho que desenvolver é claro, porque eu tenho pouco.... falta de conhecimento físico em muitas coisas, mas tem como desenvolver.” (FMJ - E2)

“Minha experiência de ensino foi quando eu fiz a Prática de Ensino. Eu dei aulas lá um semestre.” (RRR – E2)

Apesar de várias declarações restringindo a preparação para a docência através de disciplinas obrigatórias, nota-se que o mais comum é a que inserção inicial se dá através de pequenos “bicos” em substituições temporárias ou ainda ministrando aulas particulares.

“Nunca atuei como professor. Uma vez eu dei umas aulas particulares.” (DBB – E0)

“A minha experiência é mais assim de aulas particulares há alguns anos. De colégio mesmo, só nas instrumentações e agora na prática, que é um colégio público de Ensino Médio aplicando o projeto.” (CST – E2)

“Uma aula particular de Matemática para um aluno de recuperação. Ele passou, o que indica que a aula ajudou. Como sou inexperiente na docência, tive uma boa impressão desta aula embora o nervosismo inicial. Quanto ao resto, não tenho outros comentários.” (MVC – E4)

“A experiência docente que possuo é curta. Além das cadeiras pedagógicas do curso posso citar o estágio docente pela disciplina de Prática de Ensino, aulas particulares de Matemática para um aluno da 8ª série por uma semana e aulas particulares de Física para um grupo de estudo do 3º ano. Este grupo possuía quatro integrantes que tentavam prestar vestibular.” (ALM – E4)

“Trabalhei como monitor de Física durante seis meses para turmas de terceiro, semi-extensivo e super-intensivo. Minha experiência está relacionada apenas à explicação e resolução de exercícios diretamente com o aluno, no máximo trabalhava com quatro alunos ao mesmo tempo. Não possuo tempo de sala de aula, nunca me estive na frente de quarenta alunos, por exemplo.” (VHM – E4)

A aproximação com a disciplina Matemática da educação básica é inevitável, seja em sua formação inicial, seja em sua vida profissional. Também têm sido a falta de “base” matemática um dos grandes motivos de reclamações de professores de Física e licenciandos. Ainda que não nos compita aqui abrir uma frente de discussão sobre essa temática já que envolve fatores diversos e extremamente complexos, reiteramos o contato inicial com o universo de dificuldades que enfrentarão os futuros professores de Física no que tange ao Ensino da Matemática.

“Nunca dei aula, salvo duas aulas particulares. Quanto a essas, foram duas aulas de Física para alunos do 2º ano do Ensino Médio. O grande problema que eu encontrei foi que acabei dando mais aula de Matemática de que de Física.” (TVC – E4)

“Nunca lecionei em sala de aula, mas dei várias aulas particulares principalmente em época de vestibular, a maioria das vezes ensinando Física. Matemática só em poucos momentos até porque não gosto muito de ensinar Matemática.” (DBS – E4)

Mas a diversidade não se restringe ao enfrentamento de questões somente no campo da Matemática, já que o estabelecimento das relações didáticas é um processo que não se resume a especificidade da matéria em que exista a pretensão de ser ensinada. Assim, atividades que envolvam a ambientação quanto à diversidade de público, de objetivos, de funções podem contribuir de forma significativa para as relações que irão se estabelecer formalmente em sala de aula.

“Atualmente eu não estou lecionando. Eu já tenho no meu currículo, digamos assim, uma experiência de uns três anos e meio, alguns anos atrás, que eu estive em sala de aula e trabalhei com Ensino Fundamental e médio com informática, onde eu lidava com alunos em outro assunto. Acho que foi isso que me ajudou a enfrentar a apresentação desses mini-cursos de INSPE. Especificamente dessa experiência que a gente teve nas instrumentações foram extremamente gratificantes, a gente realmente aprendeu muita coisa, notou-se isso aplicando no estágio, que realmente forneceu uma base muito interessante para que a gente possa assumir uma docência sem maiores problemas, eu acredito que a gente teve aí esse preparo.” (VVV – E2)

“Bom, quanto a essa vida docente, eu só fui fazer os primeiros seminários, me entrosar assim como professor mesmo, a partir da quinta fase, com a disciplina de instrumentação porque, até então, era muito esporádico apresentar um trabalho, quando muito era praticamente ler um trabalho. Mas com as instrumentações não. As coisas mudaram, pois, nós tivemos que desenvolver seminários, aprender a trabalhar com equipamentos que até então a gente não trabalhava. Fora da universidade eu só dei palestras, mas era sobre trânsito que é a área que eu trabalho, então eu dei muitas aulas sobre trânsito, sobre legislação de trânsito como um todo, que te dão uma base muito boa de como se portar, como se dirigir aos alunos, como chamar a atenção deles. Na parte de Física em ensino não, nada, a não ser aulas particulares, mas totalmente esporádicas.” (JSS – E2)

O que também pode ser notado nas falas dos entrevistados é a importância de atividades como o trabalho de monitoria e atividades como bolsistas (voluntários ou não) em projetos como o LABIDEX⁷⁹, onde o licenciando começa a ter seus primeiros contatos em uma condição híbrida (de graduando e professor-demonstrador) com os alunos da educação básica, que poderíamos chamar atualmente de uma componente prática do curso de licenciatura.

“O estágio [supervisionado] é a minha experiência e INSPE C, que foram dois alunos que não é o real, e o LABIDEX, que eu acho que é o principal e o que mais me ensinou a me ‘safar’ das situações mais complicadas.” (MRR – E2)

“A única experiência que tenho na área são as apresentações no Labidex onde trabalho e onde aprendi a me virar com os alunos que vêm aqui. Em sala de aula não tenho qualquer experiência. Ainda pelo Labidex estivemos, no último ano (2004), na semana da Física em Joinville, no Colégio Agrícola de Camboriu, no Largo da Alfândega, na Sepex [Semana da pesquisa e extensão da UFSC], sendo que

⁷⁹ O LABIDEX – Laboratório de Demonstração e Experimentação da UFSC é um espaço privilegiado para o estudo, reflexão e produção de protótipos por licenciandos e para a interação com alunos de escolas do Ensino Médio e Fundamental e com interessados em geral, além de visitas monitoradas disponibilizadas para professores em serviço.

tivemos aproximadamente 1000 pessoas, em cada um desses eventos, que passaram pelo laboratório. Fui monitor também no Sesc em 2002 no projeto “Onda e Harmonia” durante duas semanas.” (RRS – E4)

Houve, conforme já havíamos comentado laudas acima, a existência não muito incomum de graduandos que cursavam a Licenciatura em Física mas que possuíam um tempo de magistério algumas vezes superior ao tempo de sua formação inicial.

“Eu já tenho uma breve experiência na parte do ensino, pois eu dou aulas desde os 17 anos, então são quase 20 anos dando aula, não de forma direta, mas, houve vários níveis, então, comecei com EM, depois trabalhei na parte técnica, depois Ensino Fundamental e até uma breve experiência no Ensino Superior substituindo um outro professor e, a partir daí, também com as próprias práticas e metodologia foi uma outra abordagem que a gente teve que, bem....” (ADZ – E2)

“12 anos é minha experiência; no fundamental foi de um ano logo no início, no Médio foram 12 anos, nas disciplinas de Física e Matemática.” (ACA – E4)

“Desde 1998 venho trabalhando como ACT (Admitidos em Caráter Temporário) em escolas de Florianópolis. Primeiramente ministrei aulas de Matemática para o fundamental por dois meses, depois aulas de Ciências também no fundamental e no ano de 2004, também com aulas de Ciências com ênfase em Física para a 8ª série onde de forma resumida trabalhei desde a cinemática até a eletricidade.” (CIL – E4)

“Ministrei aulas de Física, Matemática e Química, totalizando um período de quatro anos como professor. Foram as experiência de um ano como professor de Química, dois anos como professor de Matemática, dois anos como professor de Física no 1º, 2º e 3º ano do Ensino Médio, cursinho pré-vestibular e preparatório, aulas particulares de Química, Física e Matemática.” (FCF – E4)

Em alguns casos, a experiência quase “acidental” prévia, acabou inclusive por definir os rumos da escolha da carreira profissional.

“Eu comecei como monitor da escola técnica, depois eu fui professor de disciplinas técnicas por dois anos, aí eu comecei a Física aqui, parei, voltei dando aula num colégio particular e no Estado. Fiquei um ano no colégio do Estado e troquei de um colégio particular para o outro, e aí quando eu estava no Energia (colégio), eu voltei para a graduação para terminar o curso. Em sala de aula eu tenho uns dez anos.” (MRS – E2)

“Pois é, eu comecei a dar aulas assim que eu entrei na faculdade, até antes, porque quando eu passei no vestibular de Física, a universidade estava em greve e antes de eu começar as aulas, eu consegui aulas de monitoria, que era na mesma escola que eu fiz o segundo grau inteiro. Então, assim que eu passei no vestibular eles me chamaram para trabalhar lá. E lá, eu peguei uma turma de supletivo e a monitoria de Física tanto do pré-vestibular quanto do Ensino Médio. Ai, fiquei lá lecionando para essas turma um ano e meio e aí eu comecei a dar aulas no estado, aí comecei o curso de Física e quando estava na segunda fase de Física, comecei pegando 20 horas no Estado e fiquei dois anos com essa carga no Estado, mais a escola particular, como professora do supletivo. No Estado eram aulas para o Ensino Médio, aulas para o 1º, 2º e 3º ano do Ensino Médio, aulas tradicionais, bem tradicionais, que eu até usava o mesmo material que eu tinha no particular porque, como eu tinha uma seqüência pronta, porque eu dava monitoria para o 1º, 2º e 3º ano, então no Estado tinha, mais ou menos a mesma seqüência, justo que lá eles não tinham nem material didático. Livro texto eles não tinham, então eu tinha que preparar todo o material no meu caderno e passar para eles. Então eu já unia dos dois.” (RRG – E2)

“Comecei dando aulas para turmas de 7ª ao 3º ano do Ensino Médio, aulas de Matemática. Foi uma experiência de seis meses que muito influenciou na minha decisão de que rumo tomar minha carreira profissional. Na época, era aluno do Bacharelado em Física e não tinha perspectivas. Após este período, passei a lecionar Física e então passaram três anos, o que foi definitivo para escolha da Licenciatura. Porém, após as experiências docentes e o aprendizado durante o curso, percebi a grave crise em que se

encontra a educação: alunos mal preparados, escolas sem recursos e a profissão desvalorizada. Muito triste, faço minha parte para um dia, quem sabe, fazer alguma diferença.” (FMC – E4)

Dentre o grupo de entrevistados há aqueles que retratam uma certa “normalidade”, e refletem a realidade do Ensino de Física no Brasil. Esse grupo é formado de alunos-professores, ou seja, licenciandos que após iniciado sua graduação tiveram contato por força de circunstâncias com a sala de aula ou, de certa maneira, foram “arrebanhados” para a escola devido a grande carência de profissionais da área, e desde então tem desempenhado esses dois papéis.

“Atualmente eu estou lecionando em escola particular também em escola pública no Ensino Médio em Física.” (ADM – E2)

“Tenho experiência com os alunos do Ensino Médio, pois lecionei dois anos e meio no Ensino Médio as disciplinas de Matemática e Física. Um dia eu passei na frente da escola e quando souberam que eu fazia Física nem me perguntaram nada e me jogaram em uma sala de aula com mais de 50 (alunos) – risos -. Atualmente sou monitor de um curso pré-vestibular no centro.” (GMS – E4)

“Ministrei aulas de Física no Ensino Médio e de Matemática no Ensino Fundamental. Comecei em 2001 em escolas do estado com uma grande alternância de escolas, porém ininterruptamente.” (LHM – E4)

E quando os licenciados se vêem nessa situação, de alunos professores, muitas vezes se sentem pressionados a levarem para a escola o que desenvolvem, aprendem e discutem na universidade, seja pela grande inércia do sistema educacional, seja pelas condições (materiais, organizacionais, estruturais) que lhe são oferecidas.

“Eu iniciei esta experiência quando eu estava na 2ª fase, dando aulas de monitoria, após um ano; já na 4ª fase, eu lecionei para a 1ª série do Ensino Médio. Em 2004, eu lecionei para todas as 1ªs séries do curso e colégio Lavoisier e para a 8ª série. Todas as experiências foram boas, mas percebi que, dentro de uma escola particular, o único objetivo é o vestibular; assim, não existe estrutura para realizar um trabalho diferente do tradicional, aplicar os projetos que fazemos aqui ou qualquer coisa mais diferente mesmo.” (TMN – E4)

“No período entre 2003 e 2004 participei como professor da rede estadual de ensino. Lecionei Física para 1ª, 2ª e 3ª séries do Ensino Médio no período de 2003. Posteriormente, já em 2004, fui lecionar Ciências de 5ª a 8ª série do fundamental e Física apenas para a 1ª série do Ensino Médio. Nesse espaço de tempo, pude observar que no Ensino Médio existe uma rejeição ao Ensino da Física; porém, posso destacar que essa rejeição estava atrelada ao formalismo matemático existente nos programas de Física. O pior mesmo é que não dá para fazer nada novo. Chega lá na escola e fala para a coordenadora que você quer fazer um projeto com os alunos? Ela corre com você de lá. Já com o Ensino Fundamental percebi que as crianças da 5ª série são mais interessadas no Ensino de Ciências e dá para se fazer umas coisinhas diferentes.” (VCC – E4)

“Leciono faz dois anos na rede estadual e começo esse ano a trabalhar num colégio particular. O primeiro ano foi no Colégio Osmar Cunha de Canas Vieiras. Devido às condições do colégio em termos de organização e estrutura e até mesmo pela falta de experiência, houveram momentos atribulados. Trabalhei com turmas de 1º e 2º anos. Ano passado trabalhei durante todo ano no Instituto Estadual de Educação, com turmas de 1º, 2º e 3º anos. A experiência desta vez foi um pouco melhor. Entre as principais dificuldades que encontrei foi conciliar tempo e remuneração suficiente para dedicar mais tempo à preparação de aulas mais eficientes. Sendo assim, com aulas tradicionais muitas vezes era

difícil manter interesse e dedicação nos alunos. Com poucas horas era difícil criar aulas atraentes como as que planejávamos em INSPE.” (MCL – E4)

Mas as adversidades geradas pelo sistema educacional podem até intimidar e inclusive engessar licenciandos aos moldes regidos pelo esquema “vestibular-livro didático”; mas sempre há espaço para trabalhos diferenciados, ainda que seja necessário um processo de convencimento de outros elementos que compõem a noosfera.

“Eu comecei a lecionar assim que eu entrei na faculdade, mas a disciplina de Matemática e há uns dois anos eu estou lecionando a disciplina de Física. Ano passado lecionei para a 8ª série, que é Química e Física junto, e esse ano eu estou lecionando para as 1ª e 2ª series do Ensino Médio e está sendo uma experiência muito boa. Infelizmente toda a burocracia do colégio impede que a gente trabalhe com mais profundidade, por exemplo, com os projetos temáticos, não só por causa do colégio, mas o tempo, enfim. Mas mesmo assim eu tento trabalhar de uma forma diferenciada, tenho que dar uma driblada na diretora para convencê-la que o que eu estou fazendo é bom para os alunos e tento sempre contextualizar os conteúdos abordados. Sempre que possível eu levo experimentos e a gente sente a diferença nos alunos, porque lá no colégio tem três professores de Física, e os alunos tentam mudar de turma, então a gente sempre sente essa diferença e os alunos compartilham isso.” (AAL – E2)

Finalizando esse item que se propôs a discutir a relação dos licenciandos com o universo escolar e que servirá como âncora para toda a análise no capítulo seguinte, ressaltamos a importância de atividades que aproximem os licenciando da sala da aula, seja de forma indireta, através de disciplinas curriculares, ou no envolvimento de atividades como monitorias, específicas ou não.

Apesar de não fazer parte dessa estatística inicial, onde restringimos para nossa análise as respostas dos licenciandos, dentre os 22 entrevistados em E3, 17 deles, ou seja, 77% já tiveram algum tipo de contato com atividades envolvendo atividades de ensino, seja através de substituições esporádicas, aulas de atendimento extra-classe em escolas e monitorias. Seis dos entrevistados em E3, inclusive, atuavam como professores de forma regular como atividade de subsistência em escolas e cursinhos da região em que residiam, sendo três deles alunos dos cursos de engenharia.

Mais uma vez o fenômeno de absorção imediata, e algumas vezes inconsequente de professores de Física, se dá além daqueles que estejam se graduando na área específica, mas que se predispõe a adaptarem-se rapidamente ao esquema regido pela máxima “*Boa escola é aquela que aprova os alunos no vestibular e bom professor é aquele que consegue chamar a atenção do aluno*”. Fica o questionamento: Onde está o aluno nesse processo?

Um ponto que chama a atenção é o fato do percentual daqueles que não estavam se graduando especificamente para se tornarem professores de Física seja maior do que aqueles

que viriam a ter, com legitimidade acadêmica, a função de professores de Física da Educação Básica.

A causa da discrepância nos números apresentados necessita de análises outras, mas que transcende nesse momento o objetivo desse trabalho. Ainda assim, podemos afirmar que as mudanças na legislação, que visam aproximar o mundo escolar no decorrer da formação inicial, podem trazer ganhos significativos, desde que, estruturadas institucionalmente de forma a realmente cumprir o seu papel, e não ficar “maquiado” em ementas que subjazem a outros interesses.

Não temos ainda, nesse momento, condições de dizer se a análise aqui realizada é um fenômeno regional, pois não há trabalhos publicados para traçarmos qualquer tipo de comparação; mas acreditamos que a partir da reestruturação efetiva dos cursos de licenciatura no Brasil poderemos notar, a médio prazo, os efeitos dessa mudança.

CAPÍTULO V

A FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES DE FÍSICA E AS SITUAÇÕES DIFERENCIADAS

5.1 INTRODUÇÃO

Através das entrevistas realizadas e apresentadas no capítulo anterior, notou-se primariamente uma mudança na referência que os licenciandos possuem em relação às atividades do universo escolar do EM, onde ficou caracterizada, através de suas falas, uma maior dependência em relação à dinâmica de sua formação inicial e dos exemplos didáticos-metodológicos que remontam suas lembranças de quando eram alunos do EM. No exposto pelos licenciandos, o desenvolvimento e execução de estratégias didáticas mais inovadoras, tendem a ser suprimidas em função da falta de exemplares que aproximem o conhecimento físico formal e as tendências expressas pelas pesquisas em Ensino de Física do universo escolar.

Nesse sentido, buscamos por espaços na formação inicial de licenciandos, que pudessem privilegiar essa junção, e que ocorreu junto às disciplinas de Instrumentação para o Ensino de Física B e C, e cujas justificativas e contextos foram devidamente apresentados no capítulo anterior.

Agregado aos preceitos teóricos que nortearam esta análise, e que foram discutidos inicialmente nos capítulos II e III, buscaremos agora analisar o papel do desenvolvimento de PT na formação inicial de licenciandos em Física, e se, estes, podem efetivamente se configurar como situações [S] próximas ao sentido de Vergnaud, isto é, amplas o suficiente para que tenham efeito no desenvolvimento cognitivo, ou seja, no processo de aprendizagem dos alunos, envolvendo uma resignificação de conteúdos anteriores e/ou mesmo uma aprendizagem significativa de conhecimentos novos.

Isto envolverá no recorte realizado para essa tese, todo o processo desde as opções tomadas pelos licenciandos no início das disciplinas INSPE B e INSPE C, o fluxo seguido para a elaboração dos mini-cursos, sua apresentação final e a avaliação de seus propositores. Neste trajeto, esperamos entender se houve por parte dos graduandos uma necessidade estrutural da modelização dos fenômenos presentes nas situações físicas reais, principalmente

no que se refere à aproximação do real e o papel necessário da abstração, além de uma vinculação destes com os conhecimentos científicos formais e sua reelaboração histórica.

Assim como premissa básica buscaremos identificar no desenvolvimento dos PT desenvolvidos, se os temas elaborados, reestruturados e apresentados em INSPE B e C foram encarados e enfrentados como uma situação diferenciada.

Não tentaremos, entretanto, estabelecer uma ordem cronológica de fatos, assim, conseqüentemente, também não seguiremos durante a análise, a sequência na qual as entrevistas se realizaram, visto que, para um entendimento mais amplo dentro dos objetivos propostos, precisaremos sempre estar “avançando” e “retrocedendo” em uma ordem na qual os pontos mais pertinentes se deram.

Em uma perspectiva futura, a partir dos dados obtidos nesse trabalho, esperamos que seja possível uma avaliação do grau de utilização de conceitos prévios e de novos conceitos na elaboração, reestruturação e aplicação de PT e, com isso, avaliar a significação e resignificação dos velhos e novos conceitos de uma forma mais precisa.

5.2 A FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA E SUA IMPLEMENTAÇÃO NA ESCOLA BÁSICA: A FALTA DE EXEMPLARES DIDÁTICOS E A INSEGURANÇA DE LICENCIANDOS.

Discutimos no primeiro capítulo dessa tese o dilema vivido por licenciandos em Física quanto à perspectiva da introdução de FMC na Escola Básica. De um lado, apresentavam-se propensos a levarem elementos da Física do século XX para o EM, mas de outro, sentiam-se receosos e inseguros, pois não foram preparados para tal tipo de atividade.

Assim, e para que não seja entendido de outra maneira, não estamos afirmando aqui, através das entrevistas realizadas, que os mesmos se sentiam completamente aptos a trabalharem na escola básica também conceitos, temas e tópicos de FC em função de sua formação; contudo, notou-se uma certa segurança quanto se tratava de assuntos que há décadas vem formando no período de educação básica, da mesma maneira, tanto futuros doutores em Física como técnicos em ortodontia.

Ou seja, em uma visão pessimista, quando se trata de elementos da FC os licenciandos minimamente tem referências do que fazer em sala de aula, seja através do enfoque de sua formação inicial, seja da sua vivência como aluno da escola básica, seja através da longa tradição do Ensino de Física no Brasil, moldado pela dupla “livro didático – vestibular”. E ainda que pesem todas as críticas já propaladas pela comunidade de pesquisadores em Ensino de Física sobre a precariedade da formação científica dos estudantes da escola básica, temos que aceitar que, minimamente, há um “esquemão” de décadas pronto e estabelecido, que bem ou mal, também tem formado bons físicos e engenheiros.

Mas quando falamos sobre FMC para a escola básica, aparentemente esbarramos em dificuldades na formação inicial, que tendem naturalmente a se repetir durante a vida profissional dos futuros professores de Física.

Vejamos o recorte feito para esse trabalho de tese. Quando buscamos por espaços privilegiados durante a formação inicial de professores de Física para o tratamento de FMC visando à escola básica, esperávamos que houvesse dos licenciandos também uma intensa procura a fim de suprir sua declarada deficiência quanto à temática FMC, deficiência essa exposta no Capítulo I, pois quando perguntados sobre seu contato referente aos conceitos envolvendo as temáticas modernas, por exemplo, em relação aos Raios-X, declaram:

“Na disciplina Estrutura da Matéria I se fala sobre Raio-X, mas tive apenas abordagens bem superficiais. O meu maior contato com o tema foi através de leitura em alguns livros (...) a maior parte destas leituras foram bem antes de começar a disciplina de INSPE B”. (DBS – E4)

“Quase nada. Foram apresentados alguns conceitos na 6ª fase, na disciplina de Estrutura da Matéria I”. (PMR – E5)

“Muito pouco. Apenas como informações adicionais obtidas através de revistas ou comentários durante o curso. Na realidade, talvez o conhecimento adquirido que seja mais próximo foi tido através da disciplina de estrutura de matéria, mas não realizei, até hoje, nenhum estudo detalhado sobre o assunto”. (LTA – E5)

“Acredito que o conhecimento que tenho a respeito de Raio-X foi adquirido fora das disciplinas, e não foi muito conhecimento adquirido não. Mas em algumas disciplinas eu tive um pequeno contato, como: estrutura da matéria I, na 6ª fase e Física IV, na 5ª fase”. (JCC – E5)

Brevemente, apenas algumas citações durante o curso. Nada mais sério. (FMC – E5)

Em relação ao PT envolvendo as microondas e/ou sua aplicação tecnológica contemporânea, os licenciandos também se mostram deficitários em relação aos conceitos envolvidos.

“Não, nunca tive nada sobre isso. Somente em uma parte sobre o funcionamento do microondas no Halliday”. (VAC – E2)

“Especificamente não. A gente vê em óptica o espectro de uma maneira geral, em eletricidade alguma coisa de OEM, mas especificamente sobre microondas, isso não, em nenhum momento”. (MRS – E2)

“De ter estudado eu não me lembro, mas eu lembro de ter olhado na internet”. (JAA – E2)

“Acho que em complementos de ondas e Física 2 alguém deu um seminário sobre isso porque acho que o professor não queria tocar no assunto. Depois em eletromagnetismo em Física 3 e 4 em um sentido amplo, mais nada relacionado a microondas ou Tecnologia. É uma pena, pois acho que os meus alunos vão me perguntar sobre isso, pois realmente é fascinante. Eu inclusive, tenho muitas dúvidas teóricas, de “contas” mesmos” (CST – E2).

Nesse sentido, não é necessária nenhuma pesquisa para afirmar que os graduandos se sentiriam muito mais tranquilizados ao optarem por trabalhar com temáticas cuja estrutura conceitual tivesse sido formalmente e profundamente tratadas nas disciplinas que compõem a grade curricular de seu curso. Por exemplo, durante a entrevista E4, quando os concluintes de INSPE B eram perguntados sobre se prefeririam continuar trabalhando em INSPE C no PT que desenvolveram em INSPE B, a maioria dos entrevistados expressou-se através de respostas como essas:

“Sim, porque na hora de aplicá-los e reelaborá-lo já teria a vantagem de possuir intimidade com o conteúdo. Afinal de contas não se ensina o que não se sabe e por mais que se esforce durante o curso não é possível que se conheça sobre tudo na profundidade necessária”. (ALM – E4)

“Você não tem que recomeçar do “zero”, não precisa estudar tudo de novo, trilhar novamente o mesmo caminho duas vezes com assuntos diferentes, para só depois de chegar ao mesmo ponto que você já havia chegado, começar a inovar e desenvolver-se novamente”. (MAB – E2)

“A vantagem estaria na facilidade em estar amplamente envolvido com o projeto e de já ter estudado o conteúdo, fazendo com que o acerto final para a apresentação do projeto seja mais simples, até porque com as críticas recebidas em INSPE B eu acredito que foram bastante proveitosas”. (PMR- E2)

“É claro que eu gostaria de continuar o mesmo projeto, mas é obvio que o [nome do professor suprimido] não vai deixar. Fazendo o mesmo projeto eu não precisaria estudar tudo de novo na parte da Física. Então eu já teria um conhecimento adquirido no passado e também as fontes de pesquisas que podem ser aprofundadas”. (WGG – E2)

“Eu queria refazer o mesmo, pois já tenho o conhecimento sobre o assunto, familiaridade com o projeto e acho que teria facilidade para reestruturar as aulas, pois é mais prático trabalhar em algo que já se conhece.” (IGF – E2)

É preciso registrar que todas as falas acima se referiam a PT envolvendo temáticas compostas basicamente por conceitos pertencentes à FC. Também houve uma declaração sobre a manutenção dos PT em INSPE C que tratavam de FMC, contudo, a linha de argumentação segue outra direção.

“Sim, é um assunto que me intriga muito e é pouco abordado no Ensino Médio. Nos livros não tem quase nada sobre o assunto e eu acho que ainda não aprendi tudo que precisava saber sobre o assunto para poder discutir com meus alunos. Além do mais, acho que da forma como fizemos não ficou boa, pois não tínhamos a menor idéia de como começar, pois não tínhamos nenhuma referência. Para falar a verdade eu nem sei como o projeto ficou pronto no final. Então, como eu disse, precisa de modificações e eu iria aprender muito mais se tivesse a oportunidade de realizá-las”. (VHM – E4)

No entanto, a maioria dos licenciandos que desenvolveram em INSPE B temáticas envolvendo FMC, dava preferência por não continuar trabalhando em seus PT anteriores, principalmente em função da dedicação dispensada principalmente em relação à parte conceitual formal.

“Não, porque o que eu tinha a acrescentar a esse projeto eu já fiz. Também não queria mexer mais nele pois eu sei de vários “furos” que deixamos porque ninguém agüentava mais estudar sobre aquele assunto. E se fossemos mexer nele teríamos que fechar uns “buracos” e a gente estava cansado de correr atrás dos professores que se dizem entender de Física Moderna, mas ninguém nos dava uma explicação mais certa. Só nos indicavam bibliografia e artigos. Isso eu sei onde tem. Eu queria mesmo era alguém falar o que é que se faz. No final das contas a parte boa foi que eu estudei muito e aprendi muito também”. (TVC – E4)

“Não, pois acho que para mim sua elaboração foi por demais desgastante, principalmente em relação ao conteúdo de Física. Acho que aprendi bastante, mas realmente tive muita dificuldade”. (KVV – E4)

“Não, primeiro porque eu cansei de estudar aquilo. Vim fazer essa disciplina achando que iria aprender a fazer projetos e no fundo tive que estudar mais Física do que em estrutura (referindo-se a disciplina Estrutura da Matéria). Além do mais também é importante saber analisar e ter alguma opinião sobre outros projetos prontos”. (FCF – E4)

Aliás, dos cinco PT acompanhados em dois semestres diferentes, tivemos a possibilidade de inferir nossa análise em somente dois deles, que tangenciavam elementos de FMC. A palavra tangenciar é propícia, pois em ambas as temáticas (Raios-X e Microondas), os objetivos dos PT podem até se aterem a um tratamento mais profundo de elementos de

FMC, como também podem tornar-se dispensáveis, ou desenvolvidos e aplicados através de conceitos clássicos e semi-clássicos.

Após a análise das entrevistas, observamos que há uma tendência dos licenciandos de se esquivarem, sempre que possível, de temáticas envolvendo FMC, pois aparentemente trabalhar com algo “novo” sempre acarretaria em mais esforço extra. Nesse caso, o sentido da palavra “novo” pode ser entendido tanto como um ineditismo teórico-conceitual, como a dificuldade de uma futura projeção em esferas de docência. Assim, apesar de esperarmos contar com mais dados para ampliar nossa reflexão, em função da fala inicial dos entrevistados, foi esperado um baixo índice relativo à procura por essas temáticas, onde os licenciandos apesar de manifestarem suas dificuldades, também exaltaram seu aprendizado.

A afirmação acima se confirma também quando analisamos as falas dos licenciandos após saberem que reformulariam e aplicariam durante a disciplina INSPE C os PT envolvendo FMC. Quando perguntados sobre as expectativas quanto ao PT e sobre sua base conceitual prévia para tratar tais temáticas, dez dentre os 11 entrevistados declaram não possuírem conhecimentos suficientes para desenvolver seus PT, apesar de seis dentre 11 entrevistados reconhecerem um contato prévio conceitual satisfatório em disciplinas diversas do curso de licenciatura, e cinco entrevistados de forma superficial.

“Sim. Tive durante a faculdade essas teorias nas disciplinas de Estrutura da Matéria e Tópicos de Física Médica e Proteção Radiológica. (...) Apesar conhecer um pouco sobre a utilização e efeitos, tanto em materiais inorgânicos como em seres vivos, este conhecimento não passa do nível de estudante. Eu acredito que para poder ensinar deve-se saber muito mais do que se pretende ensinar por isso acho que vou ter que estudar muito”. (ALM – E5)

“Sim. No curso de Física, principalmente nas disciplinas de Estrutura da Matéria I e Laboratório de Física Moderna a gente viu esse assunto. (...) Acho que fazer esse projeto vai ser ‘casca grossa’ principalmente porque eu não fiz parte dessa turma em INSPE-B. Acho que a Física ali não deve ser muito trivial, igual à termodinâmica, por exemplo. De qualquer forma, acredito que vou ter que rever alguns conteúdos e avançar meus conhecimentos para poder elaborar o projeto”. (RBM – E5)

“Sim, nas aulas de Estrutura da Matéria na 5ª fase nós tivemos uma boa idéia. (...) Embora seja necessário consultar novamente a literatura para lembrar e reforçar conceitos, porque agora é diferente porque teremos que ensinar para os alunos”. (LHM – E5)

Assim, nossa frustração inicial referente à falta de iniciativa de licenciandos por temáticas envolvendo FMC pode ser constatada na forma de insegurança dos mesmos. Contudo não é possível colocar todo o peso dessa insegurança em cima da relatada deficiência em relação a esses conceitos, pois, aparentemente, os licenciandos destacam a sua importância, mas definitivamente, em função de sua formação, não se sentem aptos à transpô-las para outros públicos, por exemplo, para o EM, pois principalmente não tem em sua formação inicial básicas exemplares compatíveis a realizarem tais atividades.

“Existe uma grande diferença entre teoria e prática. Aqui nos ensinam a teoria, ou seja, como fazer, mas fazer é outra história. O que precisávamos mesmo é de exemplos na prática”. (CBB – E0)

“O que me deixa angustiado é que eu só tive esse exemplo em toda a minha graduação. E o resto das coisas? Eu não sei se eu tivesse que trabalhar com outro tema, sozinho na minha escola eu iria dar conta, além do mais, não me dão tempo para fazer isso muito menos os outros professores tem interesse de se envolverem porque dá muito trabalho”. (LRR – E1)

“(…) e se nas disciplinas de Física mesmo, os professores nos incentivassem a pensar da mesma forma que tivemos que pensar para fazer o projeto de INSPE, as coisas ficariam mais fáceis, porque o que me pareceu foi que, mais do que fazer o projeto, nós quebramos a cabeça para aprender Física. Era engraçado, pois parecia que nunca tínhamos visto aquele assunto”. (MRS – E2)

“Aprendi a fazer muitas contas durante o meu curso. Mas acho que nunca precisei pensar mesmo na Física das coisas. No início eu ficava meio bravo pois ia perguntar para os professores e eles nunca me davam a resposta. Depois percebi que era um dos objetivos nos ajudar a pensar não só em como fazer o projeto, mas também na Física envolvida, que aliás, tomou outro rumo no meu entendimento. Foi pena mesmo só termos feito um, pois pela dificuldade que o pessoal dos outros grupos passaram, não sei se eu encararia fazer um projeto desses sozinho”. (RBM – E6)

Para fechamento desse item, em uma análise sintética evidenciamos através das entrevistas realizadas em diferentes eventos, que não houve um interesse maior por temáticas da Física do século XX, tanto para a confecção em INSPE B quanto para a reelaboração em INSPE C, devido às deficiências dos graduandos quanto aos conceitos envolvidos e a falta de um contato mais amplo com essas temáticas. Mas se assumimos tal afirmação como minimamente consistente, resta perguntar sobre quais as saídas que podem ser encontradas. Aumentar a carga horária dos cursos de formação inicial seria uma solução? Ainda assim, seria suficiente para dar as condições mínimas para os licenciados enfrentarem a realidade que lhes será imposta no universo escolar?

Sem dúvida, é temerário dizer que sim, pois, continuando os licenciandos sendo formados nos moldes que seguem a tradicional espiral de ensino, sem a dar a devida importância à construção de modelos e aos processos de modelização, usando os fenômenos como resposta e não como pergunta, não lhes provendo situações férteis o suficiente para ser transpostas para um tempo além do período de formação inicial, não será um adicional extra de um ou dois anos que conferirá aos egressos dos cursos de licenciatura em Física as habilidades necessárias para esse tipo de enfrentamento.

Ainda assim, acreditamos que qualquer tipo de ampliação do período de formação é imprescindível, seja forma continuada ou em serviço. Contudo, não se pode fechar os olhos as crescentes demandas geradas no período de escolarização básica, ainda que estas não devam servir de um sistema de controle único sobre a formação inicial, como também é sabido que em momentos de mudança como a que vivemos atualmente, a formação inicial assume importância central, e aumenta a responsabilidade das IES.

Em sua pesquisa, Westphal (2006) também identifica esta problemática, contextualizando no universo da formação inicial de egressos do curso de Licenciatura em Física algumas arestas que precisam ser trabalhadas, discutidas e remodeladas.

Apesar de alguns licenciados terem apontado alguns tópicos e conceitos com os quais, no início de sua carreira, tiveram dificuldades, de maneira geral a questão do conteúdo, no nível em que é tratado no EM parece bem interiorizado pelos respondentes, apesar de haver aptidões declaradas em função de um ou de outro conteúdo. (...) o único ponto que permanece problemático nesse aspecto é relativo à Física Moderna e Contemporânea, que segundo os respondentes, é tratado no curso de maneira que não pode ser transposta para o Ensino Médio. Segundo eles, com a atual pressão para inserir esses tópicos neste nível de ensino, as dificuldades manifestam-se claramente, já que os licenciados não se sentem preparados para fazê-lo (WESTPHAL, 2006, p. 157).

5.3 A IMPORTÂNCIA DE DISCIPLINAS INTEGRADORAS NA FORMAÇÃO CONCEITUAL DE LICENCIANDOS

Da discussão iniciada anteriormente, ficou evidenciado, através da expressão dos licenciandos, que os mesmos reconhecem ter um contato teórico-formal com a Física envolvida nos PT, os quais foram desenvolvidos durante a disciplina de INSPE B e C, contudo, principalmente com referência à FMC, na maioria das vezes, não se sentem aptos a transpô-la para o EM, sob a alegação de um contato limitado em relação à temática e da falta de exemplares para cumprir tal tarefa.

A pertinência teórica advinda dos trabalhos de Vergnaud teve sua gênese para esse trabalho quando o autor evidencia que é preciso considerar as especificidades do objeto do conhecimento quando há um interesse em analisar as dificuldades de aprendizagem (Vergnaud, 1990). Sem dúvida, a consideração de Vergnaud é mister no caso aqui analisado, visto que as especificidades são centrais, pois tratar o objeto clássico é diferente do objeto quântico, principalmente nas perguntas que diferenciam a sua natureza quanto nos objetivos aos quais seu ensino é proposto.

Mas será essa diferenciação algo claro e fundamental na visão dos licenciandos? Com base nas entrevistas concedidas, a resposta a essa pergunta é não, tanto para os alunos que elaboraram e aplicaram os PT, cujas temáticas referiam-se à FMC, quanto para aqueles que trabalharam com temáticas clássicas.

“Tivemos que estudar bastante [para confecção do projeto] porque a Matemática é o ‘bixo’. ‘Camelamos’ até para entender aquele pedaço do Eisberg que trata disso. (...) fora isso eu não sei se tem tanta diferença assim entre trabalhar Mecânica Quântica ou Mecânica Clássica. Para os alunos do segundo grau, acho que é muito mais difícil porque os ‘caras’ [alunos do EM] não têm nem idéia de potência de dez, muito menos de equação diferencial. Então o que fizemos? Demos um jeito de dar uma idéia para eles sobre o assunto, mas se alguém resolvesse fazer alguma perguntinha mais chata nós iríamos ter que dar uma enrolada porque teve parte da Matemática que nós pulamos mesmo.” (AAL – E2)

“O conceito é fácil [microondas], desde que tu entendas o espectro [eletromagnético]. O funcionamento do forno também não é muito complicado não. O difícil é aquela “contarada” toda que fazemos em Estrutura [da matéria]. Por isso tivemos que seguir uma linha mais conceitual no projeto.” (MRS – E2)

“O professor da disciplina ficava perguntando o tempo todo para a gente: ‘onde está a Física do negócio?’ A gente levava até as contas para ele, e ele sempre dizia ‘mas não é isso...’. Era o que então? (...) Será, então, que a gente não aprendeu nada de Física até agora?” (KVV – E6)

As falas selecionadas acima não devem ser lidas com qualquer espanto, visto que simplesmente refletem a formação desses licenciandos. A ausência do fenômeno nos cursos

exime toda uma discussão sobre a construção da Física, onde há um longo caminho entre os fatos empíricos e as formulações científicas.

Durante a pesquisa para elaboração de sua dissertação, Westphal (2006) entrevista docentes e licenciados egressos da licenciatura em Física da mesma instituição ao qual nossa pesquisa foi realizada onde verifica que, apesar do contato dos licenciandos com práticas vanguardistas, onde é priorizado o exercício da crítica em disciplinas que compõem sua formação didático-metodológica, toda sua formação em disciplinas que compõem a base teórico-experimental se dá basicamente sobre uma base tradicional estabelecida há décadas, de forma que, a referência metodológica ligada às práticas de disciplinas como Física 1, 2, 3, 4 suprime de modo avassalador qualquer apresentação de alternativas.

É possível extrair de Westphal (2006) dados que vem ao encontro de nossa análise. Foi constatado que aproximadamente 50% dos professores formadores que se dispuseram a contribuir para sua pesquisa, possuíam uma formação em licenciatura, contudo, mais de 80% dos entrevistados consideraram que não deva existir diferenças de abordagens entre disciplinas oferecidas para bacharéis e licenciandos.

O professor P14, por exemplo, revela: *“praticamente a gente usa o mesmo tipo de metodologia, tanto para o bacharelado como para a licenciatura. É sempre o mesmo tipo de material, o mesmo método de exposição, de discussão, os mesmos livros, as mesmas citações, os mesmos livros auxiliares...”*. O professor P10, de igual modo, considera que a metodologia desenvolvida no ciclo básico, comum aos cursos de licenciatura e bacharelado, é a mesma para os dois cursos, com possíveis diferenciais implementados em função do professor: *“...o jeito de apresentar o conteúdo pode ter diferença de professor para professor, mas não de turma para turma”* (P10). (...) Sendo assim, segundo o professor P01, em termos de abordagem metodológica, *“... o aluno de licenciatura vai se diferenciar mais no final [do curso] mesmo* (P01) (WESTPHAL, 2006, p. 99).

Apesar de respeitarmos as opiniões expostas acima, e conforme já havíamos discutido no Capítulo I, devemos mencionar que este sistema tem funcionado para futuros físicos e engenheiros, pois não é nestes, a última instância formativa. Em geral é complementado por atividades como iniciação científica e deve-se encerrar formalmente somente com o doutoramento.

Novamente, parece que estamos diante de uma TD ditada por objetivos bem definidos, que é preparar alunos para a pesquisa em Física. Estes objetivos implícitos têm sido questionados e autores têm indicado essa “falsa” finalidade como uma das causas possíveis para o desinteresse tão grande nas Ciências Físicas, por parte de alunos egressos do EM. Esse aspecto foi suscitado por vários entrevistados, que foram enfáticos em suas colocações:

“(...) os caras [professores] aqui acham que nós podemos reproduzir o que temos aqui nas aulas lá na escola. E lá a coisa não é bem assim. Lá você tem que pensar bem no que vai fazer. Não dá simplesmente para chegar lá e descascar aquelas contas sem sentindo algum”. (TBB – E1)

“O problema todo é que desde o início no curso eles [os professores] não pensam que nós vamos ter que encarar uma sala de aula.... A maioria de nós não vai fazer pós-graduação. Então porque eles já não começam, desde o início, a nos ajudar a pensar o que teremos que fazer depois?”. (RRG – E2)

Inclusive, pode ser notado na fala dos entrevistados em E3 que exerciam atividades docentes, grupo este composto basicamente por bacharelados e alunos de cursos de engenharia, essa componente.

“Sou aluno de Engenharia Elétrica, mas a algum tempo eu venho dando atendimentos [extra-classe] nos cursinhos, aulas particulares, monitorias aqui na UFSC e algumas aulas também. (...) Como eu faço? Olha cara [entrevistador] eu estou indo meio que na raça. Faço como fizeram comigo na escola. A gente vai aprendendo assim. Se pelo menos aqui na universidade tivéssemos um bom exemplo ficaria fácil. Mas aqui os professores não querem nem saber disso. Se você é engenheiro, você tem que saber resolver as equações. Se você falar que é professor, eles vão dizer que você se deu mal. Você é meio que ridicularizado, ainda mais se for pedir a ajuda de alguém porque você tá dando aula”. [HII – E3]

“Seria legal se no bacharelado [em Física] tivéssemos umas aulas obrigatórias para poder dar aula. Não aquele “blá-blá-blá” que não chega a lugar nenhum, mas algo direcionado mesmo, para nos ajudar se fossemos dar aula. Tem gente aqui que esquece que não dá para viver de brisas e apesar da maioria do pessoal achar que vai viver de pesquisa, não é bem assim. Uma hora ou outra vamos ter que ir para a sala. (...) é lógico que a gente pode fazer as disciplinas [da licenciatura] como ouvintes, mas nunca dá tempo. Seria bacana se durante as aulas mesmo, os professores nos dessem dicas, da experiência deles. (...) Eu estou tentando fazer [nas minhas aulas] ao contrario do que fazem aqui, porque se eu ir para o quadro e virar as costas pro meu aluno, se deixá-lo sem resposta, no outro dia o coordenador já me chama. Aqui [no curso] a coisa não é assim. Você sabe como é”. [RSL – E3]

Na pesquisa de Westphal (2006), que apesar de centrar-se em outros objetivos, notamos convergências claras das questões lançadas acima, em um grupo de entrevistados diferenciados.

Física I, Física II, Física III... tinham que ter professores-professores, que já ali tivesse modificado [a abordagem metodológica]. Quando concluí o curso, na reta final do curso, eu percebi que se sai dali com uma obrigação: ‘ah, tu tens que fazer diferente. A Física que está sendo ensinada não está sendo legal. Essa seqüência metodológica, essa seqüência de conteúdos... isso não é legal. Tens que fazer uma coisa diferente’. E, no entanto, lá na base...lá... não tinha isso (WESTPHAL, 2006, p. 153 – Fala de um dos entrevistados)

Outro licenciado faz a seguinte sugestão, quando entrevistado:

Em se tratando de um curso de Licenciatura em Física, deveria se abordar mais os estudos das Físicas Básicas, desde as primeiras fases, com um enfoque maior na Transposição Didática para o Ensino Médio, talvez uma INSP para cada Física básica. Onde teríamos desde o princípio, um maior enfoque na fenomenologia e não apenas na resolução de problemas. (...) o uso das metodologias defendidas pelos professores da educação [em sugestão para o curso de licenciatura em geral], pois tivemos toda uma formação propedêutica tradicional; no entanto, saímos do curso com a obrigação de fazer algo diferente, de usarmos uma metodologia diferente, que pouco nos foi apresentada pelos professores” (WESTPHAL, 2006, p. 153).

Assim, apesar da divergência de objetivos, parece haver uma convergência no pensamento de egressos relatada por Westphal (2006) com os licenciandos entrevistados em nossa pesquisa. O que notamos primariamente é que uma parte significativa dos entrevistados, superior a 80%, faz referência ao PT desenvolvido em INSPE B e C muito mais em sua formação conceitual sobre as temáticas e menos quanto à alternativa metodológica de trabalho por PT.

No início do desenvolvimento dos PT, a maioria dos entrevistados se posicionava de forma que a tarefa de reformular o PT seria simplesmente de organizar o que já sabiam conceitualmente. Assim, quando perguntados sobre os PT confeccionados em INSPE B, ou seja, na primeira vez em que desenvolveram um PT, responderam:

“No início era só alegria. Pegamos um tema que achamos fácil [eletrodinâmica/eletromagnetismo] e achamos que era só dar uma “garibada” no que já sabíamos e apresentar. Mas não foi bem assim. (...) Só sei que começaram a aparecer tantas perguntas que acabamos estudando mais para montar o projeto do que quando fiz Física 3”. (MVC – E4)

“Tu não sabes como foi difícil montar aquilo [projeto]. Era o professor em cima o tempo todo fazendo perguntas que a gente não tinha a menor idéia. Chega um momento em que tu fica doido, porque a gente tinha achado que sabia alguma coisa quando começamos a fazer, mas durante, depois de tanta “paulada”, vimos que a Física que tinha ali não era tão simples quanto a gente achava”. (FLE – E4)

“Aquilo foi uma enganação... digo, (risos)... nos venderam a idéia de que ia ser tranqüilo e eu também achei. Só que quando fomos montar [o projeto] vimos que só resolver as contas não dá. Fiquei p. (palavra de baixo calão suprimida) com o professor de Física 2, porque tinha passado com 9,5 mas descobri que não sabia nada,... quer dizer, se você pedir para eu resolver a primeira lei da termo [termodinâmica] eu até vou fazer, mas o problema não tá em resolver a conta. O problema tá na Física”. (JCC – E4)

Todas as respostas acima se referiam a temas envolvendo conceitos da FC. Quando os entrevistados eram membros de equipes que elaboraram PT referentes às temáticas sobre FMC, a entonação já mudava.

“Precisamos de muitas leituras até que pudéssemos delinear o assunto a ser tratado. Mas ainda restaram-nos algumas dúvidas relativas ao assunto tratado. Mas já sabíamos disso quando pegamos esse tema [Acidente de Goiânia]”. (KVV – E4)

“O meu conhecimento não foi suficiente, e eu sei. (...) Quanto às dificuldades, tenho algumas, eu acho”. (FCF – E4)

De qualquer forma, quando os mesmos entrevistados foram questionados sobre a temática de seu PT futuro, isso após já terem passado pela experiência de elaborar um PT em INSPE B, o discurso mudou radicalmente. Aqueles que se posicionavam em um patamar de suficiência e eficiência teórica provida por disciplinas básicas que antecederam os PT, já se mostram mais cautelosos, independentemente dos temas serem clássicos ou modernos.

“Já vi essas coisas [ondas/oscilações] em Física 2 na 3ª fase da graduação e na 4ª fase em complementos [de ondas e termodinâmica]. (...) A reestruturação do projeto vai exigir um

aprofundamento no assunto. Temos que ser mais cautelosos para não tomarmos tanta “burduada”. (...) Sem dúvida, vamos ter que estudar bastante Física, pois devemos dominar o assunto para se ter um bom aproveitamento pessoal e no momento da aplicação”. (MVC – E4)

“Durante a faculdade nas disciplinas de Estrutura da Matéria e Tópicos de Física Médica e Proteção Radiológica eu estudei bastante sobre Raio-X. (...) Apesar conhecer um pouco sobre a utilização e efeitos, tanto em materiais inorgânicos como em seres vivos, este conhecimento não passa do nível de estudante, e vai ser uma nova batalha para entender direito aquelas coisas (...) Eu acredito que para poder ensinar deve-se saber muito mais do que se pretende ensinar”. (FLE – E4)

“No curso de Física, principalmente nas disciplinas de Estrutura da Matéria I e Laboratório de Física Moderna eu tive uma boa noção de Raio-X, embora seja necessário consultar novamente a literatura para relembrar e reforçar conceitos. Além do mais, eu acho que só saber fazer os exercícios não dá para tocar o projeto...” (JCC – E4)

“Em Física geral II, complementos de termodinâmica e ondas nós estudamos, isso se o projeto tratar de termodinâmica, coisa que eu imagino. Mas acho que o conteúdo de termodinâmica que me foi passado na graduação não foi suficiente para a minha formação no assunto e para conduzir o projeto sem ter que recorrer a um ‘Halliday da vida’. (...) Sem duvida será preciso muito estudo para entender toda a fenomenologia do projeto”. (KVV – E4)

“Tive no Ensino Médio quando estudante, e quando atuava como professor ACT no Ensino Médio. Devo relatar que nunca estudei um furacão ou ciclone ou fenômenos dessas espécies, mas quando estudamos Termodinâmica temos alguns conceitos envolvidos num furacão. (...) Acredito vai dar trabalho, quer dizer, muito trabalho, pois quando se trata de um furacão, temos apenas a idéia de um vento muito forte. Mas lendo alguns artigos a respeito do mesmo, tive a oportunidade de verificar sua complexidade, e sei que os alunos que vêm assistir o mini-curso também devem ter um monte de dúvidas e acho que eles vão nos botar na parede”. (FCF – E4)

Das falas acima, é possível constatar diferenças significativas entre a posição dos desenvolvedores dos PT, após terem passado pela experiência de realizá-los uma vez. Aparentemente, a perspectiva dos entrevistados mudou significativamente, deixando transparecer, alguns inclusive de forma explícita, que foi durante a elaboração e reestruturação dos PT que acabaram por ter um contato mais próximo com a fenomenologia da Física, ou seja, dos processos de construção de modelos de forma sistemática e gradual e com objetivos claros de ensino.

“Quando fiz o projeto tive uma sensação muito ruim porque parecia que eu não tinha tido Física até agora. Parecia que as listas de exercícios que eu tinha resolvido não serviam de nada. Nada mesmo... Nem para dar uma simples resposta para os alunos. Realmente eu fiquei muito triste, até meio deprimida. Quanto mais a gente tentava avançar no projeto, mais a gente via que não sabia nada. Mas, na verdade, eu não sei se era a gente que não sabia nada ou se tudo que ensinaram para a gente só servia para responder as listas. Aquilo não é para ajudar as pessoas a pensarem as coisas que estão em volta. Tive que começar a reformular tudo o que eu sabia sobre Física enquanto eu fiz esse projeto”. (DCC – E1)

“Foi duro ‘brother’. Tu ficas perdido. Perdido mesmo, porque eles [os professores] tiram o teu chão. Alí [no projeto] não vale tentar apelar para a Matemática e tu coloca as contas no quadro. Os caras [professores] querem saber se tu sabe mesmo de Física. Aí é que ‘a porca torce o rabo’ porque só nos ensinaram a fazer as contas (...)”. (LRR – E1)

“O problema foi que descobri que eu não sabia Física. (...) Foi duro também fazer o encadeamento do projeto, no nosso caso, criar algo que ligasse as ondas mecânicas visíveis e as OEM., ou seja, sair do real para o modelo”. (VAC – E2)

“Olha, eu acho que na verdade esse detalhe do encaixe foi um trabalho com um todo, porque nós tínhamos uma dificuldade ENORME de iniciar o trabalho. Foi quando a gente colocou a parte de transmissão e distribuição sem utilizar muitas fórmulas”. [JSS – E2]

“Fazer esse projeto foi uma reorganização de pensamento(...) A gente na verdade aprendeu uma forma dar sentido para as equações”. [FMJ – E2]

“Não posso negar que tive muita dificuldade, e elas não foram exatamente em relação aos conceitos, mas em como tratá-lo de forma inteligível para um público do Ensino Médio. Outra dificuldade foi relacionar teoria com experimentos e também experiências que pudessem auxiliar na assimilação do conteúdo. Obviamente, tal dificuldade me levou a revisar praticamente toda teoria vista sobre o assunto, lembrando muitos pontos e aprendendo um pouco mais. (...) Acho que pela primeira vez durante todo o meu curso eu vi um sentido para alguma coisa que já estudei, porque parece que estudamos duas Físicas diferentes. Ainda não sei se sei alguma coisa, mas pelo menos sei temos que partir de modelos mais simples, mas que tenham idéias chaves, para deixar os ‘moleques’ [alunos do Ensino Médio] pensando em alguma coisa, senão não vale de nada”. (ACA – E6)

“(…) Pensamos que sabemos tudo, mas quando algo novo aparece nos leva a perceber que o conhecimento não é estanque. Sempre temos em mente os conceitos, mas não temos idéia de como ele se organiza. Isso é fundamental, porque não dá para ensinar tudo. Então, eu pelo menos acho que se conseguir dar uma boa idéia de coisas centrais é muito melhor do que dar um monte de coisas desconexas, sem sentido. (...) O problema está também quando temos que sistematizar os conceitos de uma maneira agradável e abrangente de forma atingir um público alvo, alunos, jovens, crianças etc.”. (WGG – E6)

A aparente ausência da discussão sobre os processos de modelização e do fenômeno físico nas disciplinas que compõem o quadro de disciplinas básicas foi também observado nas entrevistas de Westphal (2006). Assim descreve a fala de um licenciado

O licenciado L14, por exemplo, salientou a existência, no curso, de extremos opostos de professores de uma mesma disciplina “de um professor que era o salvador [...] e um outro que era extremamente pela Matemática, que virava as costas para o aluno e enchia o quadro de equações diferenciais e, de Física mesmo...tu ficavas assim... E a Física? Cadê a Física?” (WESTPHAL, 2006, p. 152)

Mas, porque o tipo de atividade desenvolvida no conjunto de disciplinas de Instrumentação para o Ensino de Física do curso de licenciatura em Física da UFSC aparentemente tem uma repercussão tão grande junto aos licenciandos? Ou ainda, o que levou os entrevistados a se referirem a este conjunto de disciplinas como essencial na formulação de conceitos, que tradicionalmente, seriam de competência de um outro conjunto de disciplinas?

Principalmente sobre esse ponto também residem contribuições teóricas do trabalho de Vergnaud sob a nossa reflexão. Se recordarmos que para Vergnaud, *é através de situações e de problemas a resolver que um conceito adquire sentido* (1990, p.135), com base nas entrevistas realizadas podemos concluir que, no que tange ao processo de formação dos conceitos, se usarmos a definição de Vergnaud que um conceito é um conjunto formado pelo terno [S,I,R], aparentemente, as situações oferecidas em INSPE se diferenciam das demais, pois caracterizando-se como situações ímpares, dando uma completude ao terno [S,I,R], ou

seja, propiciando uma interação dinâmica e fornecendo um significado, ou um novo significado aos conceitos trabalhados durante o desenvolvimento dos PT.

E conforme já discutimos anteriormente, é possível afirmar que no Ensino de Física, seja no Ensino Superior ou Médio, o peso maior está na dupla [I,R] sendo que de [S] temos apenas um recorte muito pequeno, que pode ser definido com um [S-didático], que na maior parte das vezes se limita a exemplos e problemas que testam a aplicabilidade de uma teoria que se supõe estudada e compreendida.

A nosso ver, no Ensino de Física o tratamento de questões ou temas mais amplos envolvendo CC, que obriguem os estudantes a enfrentar a fenomenologia envolvida e elaborá-la através da modelização, pode constituir situações didáticas adequadas para uma conceitualização progressiva.

O tratamento dos temas exige ainda dos licenciandos uma elaboração mais profunda dos conceitos anteriormente adquiridos e o questionamento sobre sua capacidade de articulá-los e utilizá-los para analisar os fenômenos presentes nos mesmos.

É importante frisar que os fenômenos tratados dentro dos temas não aparecem já formalizados, como é usual nos Livros Textos. Por se tratarem de temas gerais, é necessário que os estudantes façam recortes, escolham dentro da gama de fenômenos aqueles que sejam mais relevantes. E, ao se debruçarem sobre os fenômenos escolhidos, eles são obrigados a buscar os conceitos e variáveis relevantes associando-os ao conhecimento físico. Para tanto, é necessário que os fenômenos sejam modelizados e ao final sejam novamente formalizados.

Esta elaboração é ainda motivada e guiada pelos objetivos de retransmitir os conceitos para alunos do EM, o que implica num trabalho necessário de TD, conforme já discutido e evidenciado anteriormente na fala dos entrevistados. E esta Transposição implica também numa reflexão por parte dos licenciandos sobre o seu processo de elaboração.

Em um sentido complementar, ao fazer sua análise final a respeito da formação pedagógica no curso de licenciatura em Física da UFSC, Westphal (2006) conclui:

A grade curricular, por sua vez, é tida como ponto de destaque positivo no curso, seja pelos professores, seja pelos licenciandos, com especial ênfase para o grupo de disciplinas identificadas por *Instrumentação para o Ensino de Física*. Este grupo de disciplinas surge como um diferencial que se revela determinante no processo formativo dos licenciandos. O seu objetivo instrumental e as metodologias de ensino nele aplicadas revertem (ou tentam reverter) o padrão pedagógico tradicional, aproximam o licenciando da sua futura profissão e os estimulam a ver o conhecimento que construiu de uma nova maneira. As disciplinas deste grupo promovem uma renovação na relação entre os próprios licenciandos e, não raramente, entre estes e seus professores, que, em alguns casos, passam a ser vistos como parceiros no desenvolvimento de um projeto (WESTPHAL, 2006, p. 179).

Ainda assim, é necessário investigar qual é o grau de efetividade do tipo de atividades desenvolvida no conjunto de disciplinas de INSPE para temáticas envolvendo FMC, tanto quanto como alternativa metodológica quanto para o envolvimento e estruturação de conceitos envolvendo FMC. Esse tipo de análise pode ainda fornecer elementos para estimar se tentativas desta natureza podem se constituir como catalisadores para transposições mais adequadas para o EM, principalmente depois de evidenciarmos uma nova característica de licenciandos, muito mais de “alunos profissionais” do que de futuros profissionais que foram alunos.

5.4 A IMPLEMENTAÇÃO DA FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO ENSINO MÉDIO ESTIMULADA PELO DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS TEMÁTICOS JUNTO A LICENCIANDOS

Conforme apresentado e discutido nos subitens anteriores, há uma receptividade muito grande por parte dos licenciandos e licenciados quanto aos objetivos do conjunto de disciplinas de Instrumentação para o Ensino de Física e de seus resultados, mas, em contrapartida, há uma deficiência declarada quanto à sua respectiva formação referente aos conceitos envolvendo FMC.

Nesse sentido, aparentemente existe uma possibilidade de congregação durante a formação inicial de licenciados, duas situações aparentemente díspares, mas que podem se complementar e ressonar, propiciando uma formação inicial mais condizente, para atender aos preceitos de uma Educação Básica nos moldes atualmente requeridos. Da análise aqui realizada é possível concluir que atividades dessa natureza podem privilegiar o aprendizado de licenciando referente a essa temática específica e terá conseqüentemente reflexos diretos e mais imediatos no EM.

Em contraponto à tradicional resolução de problemas, sob o ponto de vista da aprendizagem e da especificidade da temática considerada, é sempre interessante buscar situações didáticas diferenciadas que permitam explorar de forma mais significativa as relações entre os elementos da tripla [S,I,R] e o tipo de atividade realizado com a confecção de PT tem mostrado resultados muito positivos, pois as ações e respostas dos sujeitos são decorrentes das situações com as quais é confrontado, isto é, o conhecimento é modelado pelas situações capazes de dar sentido aos conceitos e procedimentos.

Nesse sentido, como analisamos PT de naturezas distintas, aqueles referentes à conceitos clássicos e também modernos, é possível categorizar, dentro das situações apresentadas, as duas classes diferenciadas por Vergnaud, ou seja, quando o esquema está automatizado ou quando ele passa por uma acomodação, significação e resignificação. Em outras palavras, nosso intuito a seguir é avaliar que efeito essa nova situação teve no aprendizado, já que não faz parte dos esquemas dos licenciandos modelizar e/ou estabelecer o vínculo entre o fenômeno estudado e sua teorização.

Como já foi evidenciado anteriormente através da fala dos entrevistados, houve uma tendência, quase de forma generalizada, dos mesmos em se manifestar de forma diferenciada

em função dos conceitos envolvidos nas temáticas dos projetos. Quando se tratava de temáticas envolvendo FC, os entrevistados declaravam-se aptos, com uma base conceitual suficiente, adquirida principalmente nas disciplinas “básicas” do respectivo curso, mas quando se referiam a conceitos pertencentes à base da FMC, os mesmos eram mais cautelosos e, em alguns casos, assumiam explicitamente não estar preparados conceitualmente para essas temáticas.

Uma nota interessante foi que, dos licenciandos cuja temática referia-se à FMC, um percentual significativo dos entrevistados, acima de 60%, mencionaram um contato com essa temática por vias não-formais, como revistas de divulgação, filmes, internet etc.

“Achei bastante coisa sobre o assunto do projeto na rede [WEB]. O professor de metodologia falava bastante nisso, então foi mais fácil encontrar (...)”. (TBB – E1)

“De eu ter estudado eu não me lembro. Eu lembro de ter olhado na internet. Lembro que na época eu inclusive comprei uma Super Interessante [revista] que falava disso. Eu achei a abordagem deles [da revista] muito legal, e inclusive usei umas figuras [da revista] no projeto”. (JAA – E2)

“A gente vê em óptica o espectro de uma maneira geral, em eletricidade alguma coisa de OEM, mas especificamente na microondas, isso não, em nenhum momento. Mas tem uns ‘esqueminhas’ na internet muito legais e que ajudaram bastante”. (MRS – E2)

“Sei que tem bastante coisa sobre isso [Raio-X] na internet. O problema é saber o que presta (...) Tem um filminho muito legal na biblioteca do CED, acho que da Barsa, que traz um histórico”. (TVC – E4)

“Não tive quase nada [referente ao Raio-X] aqui nas disciplinas. O que vi foi informações através de revistas de banca ou comentários genéricos que os professores durante o curso (...). Na realidade, talvez o conhecimento adquirido sobre esse assunto que tive foram uns sites que vi, mas não realizei, até hoje, nenhum estudo detalhado sobre o assunto”. (LTA – E5)

Contudo, houve durante todas as entrevistas perguntas mais incisivas referentes aos conceitos e fenômenos tratados nos PT. Trataremos a seguir de uma análise mais específica sobre as temáticas do ponto de vista conceitual, e para isso a dividiremos em três partes: A) Para os projetos com temáticas baseadas em elementos de FC. B) Para os desenvolvedores e participantes dos PT envolvendo FMC. C) Para estudantes do curso de Bacharelado e Engenharia que não realizaram nenhum tipo de atividade parecida com a confecção e aplicação de PT. Essa última, visando traçar um comparativo, no intuito de verificar se há alguma espécie de avanço em termos conceituais para além somente da declaração expressa dos entrevistados.

5.4.1 PROJETOS TEMÁTICOS ENVOLVENDO ELEMENTOS DE FÍSICA CLÁSSICA.

Dos PT preferencialmente escolhidos para nossa análise, os quais foram acompanhados desde sua elaboração e sua aplicação em INSPE C, destacamos⁸⁰:

Título do projeto	Temáticas envolvidas
O dia em que a ilha apagou [Apagão]	Eletrodinâmica/Eletromagnetismo
De olho no furacão Catarina	Termodinâmica/Mecânica dos Fluidos
Curtindo um som	Oscilações/Ondas Mecânicas

É preciso destacar que outros PT também foram acompanhados e serviram para balizar nossa análise, dentre eles destacamos: “Atmosfera - Cobertor Terrestre”; “A Física do salto de Daiane dos Santos”; “O som: aparelhos de som, música, ruídos e os nossos ouvidos”; “Lâmpadas incandescentes, fluorescentes e LEDS”; “Ondas marítimas”; “Ondas sísmicas”; “A camada de Ozônio”; “Faraday induz a Festa”; “Por que usar óculos?”; “A Física do parque de diversão”; “A pandorga biruta” etc.

Contudo, nossa opção pelos três PT acima citados se deu em função de sua escolha para readaptação feita em INSPE C, onde dentre os objetivos aos quais o conjunto de disciplinas de INSPE se propõe, esses PT foram escolhidos pelos responsáveis para serem reestruturados e aplicados para estudantes do EM em mini-cursos.

No projeto “O dia em que a ilha apagou”, assim como em todos os demais PT que iremos descrever a seguir, foram realizadas, a todos os envolvidos em seu desenvolvimento inicial e posterior aplicação, perguntas mais gerais sobre o PT e questões de ordem conceitual envolvendo basicamente os conceitos trabalhados no PT⁸¹.

Em perguntas gerais vinculadas diretamente a elementos tratados nos PT, foi questionado, por exemplo, Por que a tensão na usina geradora é diferente da tensão nas

⁸⁰ Na versão final dessa tese, após autorização dos autores dos PT aqui descritos, os mesmos serão anexados em forma digital em um CD-ROM em Anexo.

⁸¹ Todos os protocolos encontram-se em Anexo.

residências? Ou ainda, por que a necessidade da utilização de transformadores entre a usina geradora e as residências?

Os licenciandos se mostraram bastantes seguros em suas respostas, inclusive realizando vínculos com elementos econômicos e sociais mais explícitos:

“Porque se a usina também fosse 220V a corrente ia ser muito grande e ia ter mais desperdício financeiro, o que ninguém gosta, ainda mais quando a gente sabe que as empresas distribuidoras nunca perdem (...) Então vai ter que ter essas elevações de tensões nas subestações, principalmente para ter também a distribuição. (...) Para mudar a tensão e a corrente que tá percorrendo da usina até a nossa casa, porque não dá para usar uma geladeira em 13,8KV”. (MMM – E2)

“A tensão dela é maior, mas.... agora tu me pegaste. Ela é maior por causa da distribuição, porque existe muita perda. Para vir até aqui ela perde de muitas maneiras, por efeito joule, por exemplo, e para que essa perda não seja tão significativa. (...) na hora de uma transformação para 13.800 volts, que é o nosso cabo de média tensão, a perda é menor com essa alta tensão. (...) Tu tens a segurança dos próprios usuários, a perda de energia, enfim, uma série de outras coisas. (RRR – E2)

Mas, como em qualquer sistema cujas variáveis são extremamente complexas, também vieram à tona fatos que não podem ser desconsiderados. Por exemplo, um licenciando, executor do referido projeto, não respondeu minimamente aos mesmos questionamentos colocados acima.

“A tensão na usina geradora?... Porque?... Agora eu não sei, é algo relacionado a corrente, porque eu sei..., porque há necessidade da transformação no caso de tensão, que é muito maior, a tensão é diferente... Porque... você tem uma tensão maior na usina e aí depois pela transformação devido a necessidade de aumentar a corrente elétrica. Ah eu estou... Desculpe. Eu não sei mesmo”.(RRG – E2)

Mas de forma geral, a segurança observada pelo entrevistador nas respostas dos licenciandos sobre eventos envolvendo diretamente a parte conceitual, também foi percebida nos demais PT.

No projeto “De olho no furacão Catarina”, perguntas mais genéricas, foram respondidas, em sua maioria sem maiores dificuldades. Por exemplo, em questionamentos sobre qual o papel da temperatura e da pressão na formação das nuvens, ou ainda, comentários gerais sobre os processos de transmissão de calor importantes para tratar um fenômeno meteorológico como o furacão, foram satisfatoriamente respondidas.

“Os processos são basicamente três, mas podemos combiná-los e ajustarmos para outras situações. Quer dizer, a Irradiação (...) No caso do furacão a água do mar é aquecida com a energia das ondas eletromagnéticas emitidas pelo sol. A Condução, ela acontece nos estados da matéria e consiste na transmissão de energia cinética entre moléculas ou átomos de um corpo, através de choques e a Convecção, que é um modo de transmissão de calor que se dá em dois fluídos porque, nestes, os átomos e moléculas não vibram exclusivamente em torno de um ponto de equilíbrio. (...) Então quando aquecidos ou resfriados, suas densidades variam, sendo se movendo através de correntes de convecção. (...) A temperatura e a pressão são fundamentais para determinar se a nuvem vai ou não se formar, e se ela se formar, Pressão e Temperatura influenciam no tamanho, no crescimento, forma e dispersão de nuvem”. (BDS – E6)

“O furacão em si é um grande processo de transformação de energia, no sentido que ora absorve ora distribui energia. Para isso é importantíssima a fonte de energia, que no caso é o sol. Também importantíssimo é como essa energia chega até onde o furacão ocorre. (...) À medida que a radiação transfere energia solar para a Terra, essa absorve essa energia com maior intensidade na terra e água, e essa energia é redistribuída por condução que é outro processo de transmissão de energia. No processo de condução, a energia é transmitida partícula a partícula, molécula a molécula e a energia térmica se dispersa pelo meio. (...) transmissão de calor” não é um bom termo. Afinal, calor é energia em trânsito. (...) Existe ainda uma outra forma importante de transmissão para este fenômeno que são as correntes de convecção, que fazem um fluido se movimentar e distribuem a energia tendendo ao equilíbrio térmico.(...) É devido à temperatura da atmosfera e às diferenças de pressões que as nuvens se formam. À medida que a temperatura da atmosfera cai, o vapor de água presente no ar tende a se condensar, então esse vapor, à medida que perde calor para a atmosfera fria, tende a se aglomerar e formar as nuvens. Da mesma forma, à medida que a pressão cai, a água tende a se condensar favorecendo a formação de nuvens. Então, à medida que subimos na atmosfera temos menor pressão atmosférica, ou seja, uma maior chance dessa grande quantidade de vapor formar as nuvens.” (MCL – E6)

Mas é preciso lembrar aqui que esses questionamentos foram feitos em dois momentos (E5 e E6), ou seja, antes do desenvolvimento do PT e após a sua conclusão. Apesar de algumas incorreções, as respostas foram satisfatórias. Mas principalmente temos que deixar registrado que ocorreu um avanço em termos de argumentação. A mesma pergunta feita no momento E5, que quando respondida de forma correta, mostrava-se frágil. Naquele momento o entrevistador preferiu não exercer nenhum tipo de pressão, pois o mesmo sabia que retornariam posteriormente as mesmas perguntas. Porém, muitos dos entrevistados no momento E5 nem conseguiam se posicionar sobre o assunto.

“Acho que as Leis da Termodinâmica e a lei dos gases em geral deve dar conta as explicações globais sobre o assunto. Mas não sei direito”. (MCL – E5)

“O processo de condução acredito que seja o que menos influencie no sistema, sendo a radiação e a convecção os grandes criadores de condições próprias a furacões. A formação das nuvens se dá em baixa temperatura onde pode ocorrer condensação. Eu acho.” (BDS – E5)

“Acredito que eu precisaria pesquisar pouco para poder responder tal questão”. (WVV – E5)

“Não sei”. (WGG – E5)

No projeto “Curtindo um som”, as perguntas teóricas básicas focalizaram-se em questionamentos sobre propriedades básicas das ondas, muito próximos do tipo de perguntas realizadas nas primeiras seções de exercícios dos livros textos mais tradicionais; por exemplo, quais as propriedades mais importantes das ondas sonoras, ou ainda, com qual(ais) propriedade(s) da onda estão associadas a intensidade do som.

As respostas a esses questionamentos pelos entrevistados foram incisivas e, com poucas variações, formaram quase uma lista repetida. É preciso lembrar aqui que as mesmas perguntas foram repetidas em dois momentos (E5 e E6), com a diferença que em E6 as respostas vieram, em sua maioria, mais extensas e acompanhadas de exemplos, mas praticamente não houve grandes variações.

Porém, para todos os executores dos PT, reservamos uma pergunta que não era diretamente ligada à sequência proposta nos PT, mas que não fugia ao escopo das temáticas tratadas e dos conceitos discutidos para a elaboração dos PT. Denominamos essa pergunta de surpresa.

Nesse último projeto, “Curtindo um som”, foi perguntado sobre qual o papel do meio na propagação de uma onda.

O que é aparentemente uma pergunta simples esconde o âmago do entendimento dos fenômenos ondulatórios. Sobre esse questionamento, as respostas já se demonstraram confusas, evasivas, algumas inclusive erradas, e outras, se podemos dizer assim, simplesmente “rodearam” sem atingir minimamente ao que foi perguntado.

“No caso do tema do projeto, o som é uma onda mecânica e não se propaga no vácuo. (...) No vácuo inexistente matéria. Então, uma onda mecânica, no caso som, não se propaga, por exemplo. (...) O papel do meio é fundamental para a propagação de uma onda mecânica, pois se mudarmos o meio também mudará características como velocidade, comprimento de onda e frequência de uma onda”. (VHM – E6)

“O papel do meio está ligado a velocidade da onda sonora no meio, onde quanto mais denso o meio maior a velocidade da onda sonora”. (TMN – E6)

“O meio é fundamental por que a onda se propaga nele.” (GMS – E6)

Mas apesar dessa pergunta ter se revelado fundamental para uma de nossas conclusões, não estamos aqui generalizando, visto que, também foram pronunciadas respostas bem elaboradas, tanto conceitualmente quando do ponto de vista de aplicações tecnológicas. Contudo, se apresentaram de forma minoritária.

“O meio material é o responsável pela propagação da onda sonora, quer dizer, precisa necessariamente ter um comportamento elástico. Assim, no ar o efeito de uma onda sonora são regiões de compressão e rarefação adiabáticas; com líquidos, existe uma relação direta com a densidade provocada pela liberdade em uma das dimensões que permite uma região de maior e menor massa associada. Nos sólidos, o som se propaga devido ao grau vibracional de liberdade que os átomos dentro do sólido possuem para propagar a vibração. (...) O resultado destes diferentes comportamentos é a mudança de velocidade nos diferentes meios de acordo com as propriedades.” (MVC – E6)

“É ‘transmitir’ um pulso ou uma vibração. O meio é fundamental para a propagação da onda, aliás, é fundamental um meio com capacidade de restauração, ou seja, a capacidade de voltar para a posição de equilíbrio. (...) Quanto mais elástico o meio, melhor sua propagação. Por exemplo: o som se propaga melhor no ferro do que na água e melhor na água do que no ar; deduz-se então que nos sólidos o som se propaga melhor, mas o isopor é um isolante sonoro e é sólido? A densidade não é a única responsável pela propagação, o papel fundamental é da elasticidade.” (GPR – E6)

No primeiro PT mencionado, “O dia em que a ilha apagou”, as perguntas surpresas foram duas, que tentamos dividir em duas partes aparentemente distintas. Primeiramente, foi

mostrado um desenho planejado e simplificado de uma casa⁸², onde foi pedido para que os entrevistados fizessem um desenho esquemático de uma possível ligação elétrica, de forma que seja possível “ligar” uma lâmpada em cada um dos cômodos conjuntamente com um chuveiro no banheiro. Foi alertado que não era necessário considerar possíveis aterramentos, fases etc.

A análise dos esquemas mostrou-se negativamente surpreendente, sendo que, somente um dos entrevistados conseguiu montar o que foi pedido. Todos os demais, cinco dentre os seis ou apresentaram diagramas incorretos, com erros grosseiros, ou simplesmente pediram para não fazer essa atividade⁸³. É forçoso ressaltar que um licenciando que apresentou o esquema de forma correta era egresso de um curso técnico com ênfase em eletrotécnica.

Na segunda parte da questão ‘surpresa’ referente a esse PT, foi colocada a seguinte situação: Supondo que em uma determinada residência o disjuntor insista em ficar “caindo”, o que poderia ser feito para solucionar o problema? Explique sua resposta.

Nessa pergunta, muito próxima de uma situação escolar real, onde geralmente os alunos da escola básica demonstram interesse sobre o assunto, as respostas dos entrevistados dividiram-se igualmente; um grupo formado por aqueles que deixaram transparecer noções erradas ou sem a mínima idéia de como responder, e outro, com boa articulação. Dentre aqueles que formaram o primeiro grupo, destacamos:

“(silêncio de 38 segundo) Bom... O que vem na minha cabeça é que o consumo está alto e a sobrecarga de energia faz com que o disjuntor caia. O que eu faria? Eu economizaria energia e nos horários, porque de repente nos horários em que tudo está ligado, bom...” (RRG – E2)

“Pode trocar o disjuntor, trocando por um que suporte uma sobrecarga maior de corrente, essa seria uma alternativa e aí é necessário fazer uma alteração, pois se você estava numa ligação em série, é possível se estabelecer uma ligação em paralelo.”

“Depende da hora que ele cai... Bom, eu não sei. Não tratamos isso no projeto”. (ADM – E2)

É importante salientar que esse mesmo entrevistado ADM no início de sua entrevista, quando perguntado sobre as possíveis dificuldades teóricas enfrentadas no PT, se posicionou com as seguintes palavras:

“Eu não me lembro de ter aprendido nada de Física nesse projeto, pois acho que a minha bagagem de Física 3 foi muito boa. (...) Eu até achei que eu iria sentir mais dificuldade por se tratar deste tema, mas depois, na seqüência, eu vi que não. (...) Eu não aprendi nada de Física. Ficou mais claro a história dos geradores, mas de Física não. (ADM – E2)

⁸² Ver Anexo 1

⁸³ A digitalização dos diagramas daqueles que executaram essa tarefa encontra-se nos Anexos.

Ainda assim, uma outra metade dos integrantes desse PT, já teve respostas muito mais satisfatórias a respeito da pergunta sobre a queda do disjuntor:

“Aí no caso eu penso em duas alternativas. O que acontece: O disjuntor está ligado no fio e o fio tem uma certa bitola, então, aquela bitola de fio agüenta uma certa quantidade de corrente; então, a corrente que está sendo consumida pelos equipamentos que estão ligados naqueles fios estão sendo muito altos, então o disjuntor desarma. O disjuntor tem 30A, 20A, 10A então deve estar passando mais corrente que o disjuntor permite. Então, o que eu faria: Ou passar outra linha na casa, caso ela seja monofásica passar para bifásica ou trifásica, não sei se é o caso, para resolver esse problema do disjuntor, porque se for para alguém fazer uma ‘ganbiarra’ uma pessoa pode dizer: se é um disjuntor de 10A que está caindo, bota um de 15A ou de 20A, mas aí o problema é que pode queimar a fiação toda.” (FMJ – E2)

Assim, de forma conclusiva, dos PT investigados envolvendo temáticas pertinentes à FC observamos que houve um ganho significativo em termos conceituais pelos licenciandos com a realização dos mesmos, apesar do fato de que para questões aparentemente “novas”, os entrevistados mostraram-se despreparados. Mas sobre isso, após a análise dos demais PT, promoveremos uma reflexão conjunta, buscando em nosso aporte teórico, respostas para o quadro ora apresentado.

5.4.2 PROJETOS TEMÁTICOS ENVOLVENDO ELEMENTOS DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA.

Dos PT com referência à temas de FMC que foram acompanhados segundo a mesma sistemática daqueles envolvendo temáticas clássicas, destacamos:

Título do projeto	Temática Tratada
Entre nessa μ onda [Microondas]	Interação da radiação com a matéria
Descubra o X da questão [Raios-X]	Interação da radiação com a matéria

Outros PT também foram acompanhados, porém, de forma parcial, dentre os quais destacamos: “Como construir um universo”, “Radioatividade a partir do acidente de Goiânia”, “O projeto das estrelas”. Contudo, nenhuma referência aos mesmos será apresentada no presente trabalho, apesar de destacarmos a importância do referido acompanhamento para nossa análise.

Toda a sistemática utilizada para esse grupo de entrevistados foi similar à apresentada anteriormente, ou seja, inicialmente perguntas teórico-conceituais diretamente ligadas ao PT, seguidas de uma questão surpresa baseada nos fenômenos e conceitos discutidos nos referidos PT, mas sem terem sido explicitamente abordadas.

No projeto “Entre nessa μ onda” foram realizadas perguntas gerais sobre o PT, tais como:

a) É sabido que a água é um elemento muito importante no processo de aquecimento por microondas, mas, por que isso se dá somente com uma pequena faixa de frequência do espectro eletromagnético, ou seja, a faixa das microondas? Em outras palavras, por que a faixa de frequência das microondas é a que aquece a água e não os raios-X ou a onda de rádio? Isso tem a ver com os saltos quânticos?

b) O que existe na água para a execução desse processo de aquecimento?

As respostas às perguntas acima se mostraram satisfatórias, algumas inclusive com detalhes e menções à classes de interações similares.

“Esse é um assunto que a gente ainda não conseguiu esgotar ele, porque realmente a gente vê na literatura uma série de versões sobre porque aquela faixa do microondas aquece, então até a gente discute porque... O tamanho da molécula, o tamanho da onda, a princípio tem um problema, porque dá uma diferença de ordem de grandeza de 10^3 de diferença; então, porque é que essa onda interage com essa molécula da água? Então, a princípio o que a gente passa realmente é a questão da ressonância, quer dizer, essa frequência, de alguma forma deve causar uma ressonância nessas moléculas para que haja uma intensificação do efeito. E também não pode ser a frequência que tenha a maior interação, pelo problema dela interagir muito com a parte externa do alimento, no caso específico do alimento e não de um copo com água ou alguma coisa assim, não atingir as partes mais internas, então ainda há muita coisa a se discutir sobre isso, ao meu modo de ver. (...) O que a gente observa na molécula da água especificamente, é que a água é uma molécula com caráter polar, então, esse caráter polar dela gera um dipolo elétrico e esse dipolo elétrico, é que na verdade sofre a ação da onda eletromagnética, e com mais intensidade nessa faixa de frequência do microondas, então, ao meu modo de ver, o caráter polar da água é o que mais se ressalta nessa interação.” (VVV – E2)

“Porque é a faixa de frequência que entra em ressonância com a água ou alguma coisa assim. (...) Cada comprimento de onda interage com uma certa parte do átomo, da molécula. Um comprimento atinge mais a parte do núcleo e tal, e essa frequência [microondas] é a que se encaixa com a frequência da molécula. (...) É devido ao caráter polar da água. Aí como ela tem uma parte mais positiva e outra mais negativa, ela interage com o campo elétrico e se alinha na direção do campo.” (JJJ – E2)

“Eu me lembro o seguinte: Bom, primeiro porque, é que nessa faixa de frequência não existe ionização (...) não ioniza a molécula da água. O que acontece é que existe uma polaridade e devido aos campos ficarem oscilando, obviamente essa molécula de água ficará oscilando também, e ela vai fazer com que ela tenha..., bom, como elas estão muito próximas e existe uma quantidade grande de moléculas, elas vão se agitar e vão acabar, através de atrito, fazendo o aquecimento.” (JSS – E2)

Nesse grupo em particular, houve uma menção muito forte ao auxílio dado pelo professores da disciplina na parte conceitual.

“(...) tivemos uma ajuda muito grande do professor [suprimido aqui o nome do professor] nessa parte, que foi essencial. No início estávamos meio perdidos, querendo partir logo para as contas. O professor disse: ‘calma aí! O quê, afinal de contas, que vocês querem ensinar?’” (JSS – E2)

“(...) essa é justamente a parte que a gente conversou com o professor aquela vez e ele estava mostrando que para cada comprimento de onda interage com uma determinada parte do átomo.” (JJJ – E2)

“O professor [nome do professor suprimido] não agüentava mais a gente. Batemos na sala dele todo dia (...) até entendermos direito os processos de interação [da radiação com a matéria]. Se não fosse ele [o professor] nós estaríamos encrencados (...)” (MRS – E2)

Contudo, respostas mais completas não foram uma unanimidade, visto que vários entrevistados se restringiram a respostas mais evasivas, com conceitos e idéias confusas.

“Por causa da frequência de vibração. (...) Aparentemente a microondas é a única onda que consegue fazer com que as moléculas da água entrem em ressonância. Acho que é mais ou menos isso. (...) É que a molécula da água é dipolar e daí quando a microondas passa pela água ela provoca a vibração dessas moléculas em função dessa molécula ser dipolar, e isso faz com que a água esquente e aqueça.” (AAL – E2)

“Na realidade talvez eu não saberia responder com exatidão, mas a frequência escolhida num ponto, talvez para não interagir com as ondas de rádio e eu acredito que acontece só com a microondas devido ao comprimento de onda, com a polarização das moléculas, alguma coisa nesse sentido. (...) mas eu acho que não sei responder. (...) Seria a polaridade da molécula que, na verdade, quando ela sofre ação de um campo, ela tende a se alinhar na direção daquele campo e esse movimento de alinhamento da molécula começa a causar o atrito e é o que causa o aquecimento.” (CST – E2)

Ainda sobre esse PT, foi apresentada uma situação aos entrevistados, baseada em atividades que foram previamente realizadas durante as aulas de INSPE. Aos licenciandos foi perguntado: Durante a disciplina de INSPE, foram trabalhados alguns conceitos com referencia, implícita ou explícita, ao tema microondas, como de ondas mecânicas, estacionárias, transferência de energia, ressonância etc. Foi também feito uma experiência para se medir o comprimento de onda das microondas utilizando o forno. Você se lembra dessa experiência? Então, utilizando este exemplo feito, com um forno de microondas, é possível determinar a velocidade das ondas eletromagnéticas?

Todos os entrevistados lembravam com clareza da referida atividade e, em suas respostas, mostravam um entendimento satisfatório, ainda que algumas vezes, muito idealizado.

“Sim, é claro que eu me lembro (...) Se é um equipamento que você sabe a frequência, que é meio padrão, sim, daria.” (AAL – E2)

“Sim(...) Olha, a idéia na verdade, quando a gente faz o projeto é descobrir o comprimento de onda do microondas, mas eu gostaria de usar esse experimento para descobrir a velocidade da luz porque, em todo o espectro, a velocidade é constante; então, descobrindo um só é o suficiente, então eu vou usar essa experiência aqui, porque o microondas ele já traz, taxado, 2,45 Ghz; então, é o padrão de todos os fornos microondas. Partido do suposto, com essa experiência, sendo possível medir o tamanho do comprimento, que vai ficar oscilando entre 10 e 12 cm, porque não tem uma medida exata, é lógico, que então teremos que intervir dizendo que os valores dão próximo de 12 e tal, mas sabemos que é só pegar a régua e medir, não tem o que errar. Nós usamos margarina, fizemos uma tira de margarina e deu certo, derreteu em alguns pontos, é claro, não derrete em um pontinho único, derrete em uma região. A gente mediu e deu em torno de 12 cm, para nossa alegria e satisfação, ficou em torno de 12, aí é lógico que se você tem a frequência e o comprimento de onda, descobrir a velocidade é mais fácil.” (JSS – E2)

Mas dentre os entrevistados, alguns mais cautelosos insinuaram divergências e limitações do modelo básico.

“Eu lembro sim que foi feito essa experiência e depois eu repeti essa experiência no meu estágio com...., digamos assim, com um resultado esperado. Essa experiência é, digamos assim, uma experiência bem interessante, então a gente se baseou em alguns sites que divulgaram esse trabalho e parece que ela dá um resultado interessante. (...) Eu acredito que não [medir a velocidade das OEM]. Ele dá uma aproximação; na verdade, quando eu fiz, forma um padrão de onda estacionária dentro do forno, isso aí é o que pelo menos a literatura comenta. Ele forma um padrão de onda estacionária dependendo de forno para forno, dependendo até da altura que você coloca o papel, mas esse, digamos assim, onde a onda tem maior intensidade não dá uma definição exata, assim acredito que fica bastante complicado porque, a princípio, se esperaria um comprimento de onda em torno de 12 cm, mas acredito que aquela medida vai variar ali de 8 até 16cm, 18 cm, dependendo do padrão que vai formar, então acredito que pode até ser uma aproximação, mas ficaria um pouco longe do que a gente esperaria.” (VVV – E2)

“Foi o [nome do aluno suprimido] que conseguiu essa experiência. Botava uma tira de margarina, tirava o pratinho do microondas e colocava ali por alguns segundos e aí mostra os pontos de máximo de energia e ali a margarina derrete em alguns pontos. (...) Teria que medir a distância entre os dois picos de máximo aqui, só que vai dar um erro bem grande aqui, mas daria. É lógico que dá para usar esse erro para discutir outras coisas. (...) Agora, se você quer bem ‘simplezão’, até dá. Se você tem a frequência daria sim e, entre um máximo e outro máximo, dá meio comprimento de onda.” (JJJ – E2)

“O meu grupo optou por não fazer, mas ela foi feita na sala por outro grupo. (...) Supondo que eu conheça a frequência do microondas. (...) Eu vou te dizer a minha dúvida e porque nós optamos em não fazer. Quando nós tentamos refazer aquela experiência da manteiga a gente fez ela diferente, a gente passou ela numa superfície muito grande e não numa barra então, aconteceram vários pontos e esse pontos são pontos de maior energia, certo? E se pensar então que eu estou em pontos de crista, então eu tenho meio comprimento de onda aí, e eu medi isso, mas nós aí nos batemos nisso. Aí, quando o pessoal mediu, eles estavam dizendo que a distância entre esses pontos era um comprimento de onda inteiro, aí ficou aquela discussão: é meio ou inteiro? Aí nós optamos em não fazer, mas na minha concepção é meio comprimento de onda.” (MRS – E2)

Referindo-se ainda aos questionamentos acima, foi mostrada aos licenciandos uma foto⁸⁴, explicado sobre o que se tratava (que era basicamente a visualização do experimento descrito acima), e com isso foi perguntado aos entrevistados o porquê daquela distribuição vista na imagem.

De forma surpreendente, alguns entrevistados simplesmente não identificaram que se tratava da mesma situação, só que agora, ao invés de um tira de manteiga, foi utilizada (conforme explicado aos entrevistados) uma superfície coberta com *marshmallow*.

“(…) Uma suposição é pelas reflexões nas paredes do microondas, mas especificamente não, eu não sei dizer porque.” (MRS – E2)

“Não sei dizer.” (CTS – E2)

“Por causa da interferência construtiva e destrutiva das ondas que refletem. Aí a parte que dá uma interferência construtiva dá um máximo de energia e aí derrete mais. Mas pensando bem é meio estranho. Sei lá porque fica assim.” (JJJ – E2)

Ainda que a pergunta acima não tenha sido a pergunta surpresa, as respostas convergem para os resultados dessa, que foi para esse grupo de entrevistados: Com o aumento no buraco da camada de ozônio, passou a existir uma preocupação com utilização de filtro solar. Como funciona o filtro solar e por que utilizá-lo?

A pertinência desse questionamento deve-se, além do forte apelo social, pela semelhança do fenômeno tratado no projeto “Entre nessa μ onda”, visto que as bases fenomenológicas são semelhantes, ou seja, os processos de interação da radiação com a matéria.

Referindo-se a esse questionamento, nenhum dos entrevistados sequer fez menção a temática desenvolvida em seu PT, como se a pergunta se referisse de uma parte da Física completamente diferente da tratada em seu respectivo PT.

“É uma questão que nunca me ocorreu, eu não saberia realmente o mecanismo de funcionamento do protetor solar. Nota-se que ele é eficiente, por experiência própria. Eu tenho uma pele bem sensível ao

⁸⁴ Vide Anexo 2. A referida fotografia foi extraída do Artigo **Physics of the Microwave Oven** de Michael Vollmer in www.iop.org/journals/physed

sol e uma reduzida camada de protetor apresenta um resultado bem interessante, mas eu não saberia realmente explicar.” (VVV – E2)

“Eu imagino que funcione como um polarizador, que polarize a passagem de alguma coisa, ou absorva, sei lá. (...) Mas não sei direito”(AAL – E2)

“O filtro solar, na realidade, a função dele é não deixar passar as OEM, para que não haja interação com a matéria, com as partículas de água, provavelmente que tem no corpo, mas eu não saberia dizer se esse protetor só reflete ou se ele absorve e não deixa passar (...) ai eu não saberia dizer.” (CST – E2)

“Não, eu não sei, se ele vai gerar uma camada refletora eu não sei. Aí é biologia, mas fisicamente eu não sei o que acontece, se a pele absorve, mas aí eu não saberia responder.” (MRS – E2)

“Acredito que o filtro solar vai refletir a onda, no caso as prejudiciais, não para os infravermelhos, que no caso só vai aquecer a pele, mas com os ultravioletas, porque elas interagem com a matéria e podem causar, em grande exposição, pode causar a dissociação da molécula (...) o filtro solar em si vai fazer a reflexão.” (JSS – E2)

Antes de passarmos para a análise do próximo PT, cabe aqui ressaltar que, cinco dentre os seis entrevistados manifestaram em suas falas que praticamente tiveram um primeiro contato com essa temática ao trabalhar no projeto, ainda assim, quatro deles já haviam cursado as disciplinas de grade curricular do curso de licenciatura nas quais os conceitos envolvidos estavam mencionados.

O segundo projeto analisado envolvendo temáticas referentes à FMC foi “Descubra o X da questão”, sendo este acompanhado em dois momentos distintos, ou seja, no início de sua remodelação (início do semestre em INSPE C) e ao final de sua aplicação com a apresentação do mini-curso (ao término da disciplina).

Basicamente foram feitas as mesmas perguntas nesses dois momentos que argüiam os entrevistados sobre como os Raios-X são produzidos, os fatores dos quais dependem a sua absorção e seus efeitos em geral.

No primeiro momento, ao iniciar a reestruturação do PT, as respostas mostraram-se conceitualmente falhas, quando elas existiram.

“Acredito que seja através da aceleração de elétrons sobre algum tipo de substância. (...) Depende basicamente do tempo de exposição.” (LTA – E5)

“Elétrons são acelerados, e ‘tcham!’ Surge o raio-x. É isso? (...) Depende a amplitude da onda.” (JCC – E5)

“Através de uma descarga elétrica de alta tensão fazendo saltar elétrons do material do aparelho. (...) Tem alguma coisa a ver com a intensidade da fonte, tempo e frequência de exposição ao raio-x, mas não sei direito. (...) Ví inclusive essa semana em um site.” (RBM – E5)

“Não lembro, apenas tenho uma vaga lembrança de que estão relacionados aos elétrons. (...) não lembro, creio que esteja relacionado com a estrutura da matéria.” (FMC – E5)

“Pelo que me lembro, os elétrons são excitados e, quando retorna ao nível original, ele emite uma onda. (...) Lembrando da idéia de átomos, o átomo tem que absorver um pacote de energia e tem alguma relação como densidade do núcleo, que não lembro qual no caso, lembro que o [nome do professor suprimido] falou semestre passado que começa com o cálcio e vem de uma equação em que se tem uma função que envolve o cálcio.” (JMF – E5)

“Ao frear um elétron de forma brusca, a sua velocidade cai de aproximadamente 300.000 Km/s para zero, emitindo assim, uma radiação chamada Raio-x. (...) a absorção depende da exposição do corpo para onde o Raio-x foi direcionado, e seus efeitos dependem também da forma que é produzido, ou seja, se tem o não controle de qualidade no aparelho de Raio-x.” (FLE – E5)

Após a conclusão e apresentação do PT na forma de mini-curso, os licenciandos mudam drasticamente o tipo e o nível de resposta, quando novamente foram perguntados. Ainda assim, existiram pontos que poderiam ser melhor explorados nas respostas, principalmente tendo em vista os fenômenos tratados no referido PT.

“Principalmente, como é utilizado nos equipamentos de raio-x hospitalares, o raio-x é produzido por freamento de elétrons. Toda carga acelerada ou desacelerada emite radiação. No caso da ampola de raio-x, é aplicada uma alta DDP entre o catodo e o anodo. Os elétrons que são arrancados do filamento existente no catodo, ao se chocarem em uma placa, são freados, emitindo radiação. Dependendo da energia desta radiação produzem-se raios-x (...) Basicamente são três os fatores mais importantes. A densidade, o número atômico do material e a energia do raio-x. Os efeitos em organismos vivos estão diretamente relacionados, além da energia do raio-x, com o tempo e a frequência de exposição a esta radiação.” (RBM – E6)

“Por freamento, quando uma partícula carregada é desacelerada, ela emite radiação que pode ser na faixa dos raios-x, dadas as devidas condições que, neste caso, estão relacionadas à energia dos elétrons e às propriedades do campo que o atrai. Outras vezes, o decaimento de um elétron, se houver uma grande diferença entre os níveis de energia, pode emitir fótons na faixa dos raios-x.(...) A absorção vai depender da densidade e do número atômico do material. Os efeitos dos raios-x vão depender do tempo de exposição. Quanto maior for o tempo de exposição, maior é a dose recebida pela pessoa e maior será os efeitos biológicos desencadeados na pessoa.” (FMC – E6)

“Por freamento de elétrons de alta energia, da ordem da faixa de frequência dos raios-X; e por decaimento de elétrons do interior do átomo. Enquanto o freamento gera uma faixa grande de frequências de raio-x, o decaimento depende do elemento. Por isso mesmo, para um mesmo elemento, o espectro característico depende da energia da energia incidente (...) depende primeiro do número atômico, da quantidade de átomos, ou seja, da espessura e da frequência característica, pois uns absorvem mais do que outros” (JMF – E6)

“Existem dois processos de produção de raios-x, por freamento e por emissão característica. O raio-x produzido por freamento ocorre quando um elétron, ao penetrar na nuvem eletrônica de um átomo, sofre uma desaceleração e um desvio de sua trajetória, devido a repulsão eletrostática. O raio-x de freamento também é conhecido como de emissão contínua, pois para desacelerar, para haver uma conservação de energia do sistema de elétrons, que desacelerado emite fótons de várias frequências diferentes. O raio-x de emissão característica ocorre quando um elétron arranca um outro elétron das camadas mais internas do átomo, ou seja, com uma maior energia de ligação. Então o elétron da camada mais interna emite um fóton e assume a “posição” do elétron que saiu. (...) A absorção depende muito do material em questão, pois cada qual possui suas características e interagem diferentemente com os raios-x, e os efeitos dependem principalmente da energia do raios-x, como também da dose de raios-x, mas é meio perigoso afirmar isto, pois um único fóton de raio-x pode ocasionar um grande dano para o ser humano. Quando se fala em efeitos, fica melhor conversarmos utilizando probabilidades.” (JCC – E6)

“Efeito termoiônico no filamento de tungstênio, aplicação de uma DDP, o elétron que está excitado é arrancado e acelerado. (...) então ele colide com o anodo e é freado abruptamente, onde parte passa e parte se choca com os átomos. Aí tem três tipos de freamento. Primeiro, quando tem choque com o

elétron; segundo, quando tem choque com o núcleo e terceiro, quando podemos chamar de efeito de estilingue, que é quando o elétron vai em direção ao núcleo e é defletido, ou seja, o elétron sofre uma desaceleração. (...) Os principais fatores são a frequência, que está associada à energia, e o material, que tem várias características como espessura, densidade, características atômicas, etc.” (LTA – E6)

Assim como em todos os PT acompanhados, foram feitas também perguntas surpresa, mas nesse caso optamos por uma estratégia diferente, fazendo questionamentos diferenciados em E5 e E6, visto que, todos os licenciandos que participaram da fase E5 da entrevista já haviam assistido a apresentação do presente projeto sobre Raios-X no semestre anterior (o que não aconteceu na totalidade em outras equipes).

Na fase E5 o nosso questionamento foi: Se você quer aquecer a comida, você pode expô-la às microondas. Se você quer esterilizá-la totalmente, matando inclusive as bactérias, você deve expô-la aos Raios-X. Por que as microondas e os Raios-X têm esses diferentes efeitos? Lembrando que, em E5 os entrevistados ainda não haviam reestruturado e aplicado o PT, mas já haviam, no semestre anterior, acompanhando o desenvolvimento do mesmo PT por colegas.

Sobre esse questionamento provieram respostas como:

“Eu imagino que deve ser por causa do comprimento de onda deles; as microondas possuem um determinado comprimento de onda, e ao entrarem contato com as moléculas de água existente no alimento, provocam um tipo de perturbação. Como as moléculas de H₂O são substâncias polares, elas alternam constantemente as suas posições, aquecendo os alimentos. (...) Já os raios-x, eu não sei mais devem causar reações semelhantes nas bactérias.” (LTA – E5)

“Os efeitos sobre a comida são diferentes devido aos diferentes comprimentos de onda das microondas e do raio-x”. (ACA – E5)

“A frequência das microondas estimula a ressonância das moléculas de água do alimento. Quanto ao Raio-x eu não sei.” (IFF – E5)

“Pois possuem diferentes comprimentos de ondas”. (FLE – E5)

É importante salientar que os entrevistados acima, embora não tenham respondido o processo com os raios-X, reconheceram que a resposta da questão tem a mesma natureza, isto é, os efeitos dependem do material e do comprimento de onda. E como os mesmos entrevistados já haviam declarado em E4 que o seu contato com a temática que tratariam em seu PT através de disciplinas no curso não seria suficiente (provavelmente com base na apresentação de seminários realizado entre os alunos de INSPE B), devemos evidenciar que o fato de terem assistido ao seminário dos colegas sobre o mesmo PT, forneceu algum tipo de intuição, como por exemplo, associar determinadas interações com características da onda incidente, contudo, o fenômeno e os conceitos não foram melhor elaborados.

Os mesmos licenciandos, agora após reestruturarem o PT e o aplicarem, foram submetidos a uma nova pergunta surpresa em E6, também condizente com o trabalho apresentado, porém, mais elaborada e com uma linguagem mais formal. O questionamento lançado foi:

O gás hélio que tem átomos com somente dois elétrons, é quase completamente transparente aos raios-x. Diferentemente, o gás xenônio, que consiste de átomos de 54 elétrons cada, absorve os raios-X razoavelmente bem. Explique essa diferença.

“O gás Hélio possui uma densidade menor; além disso, os elétrons da última camada do átomo do gás xenônio possuem uma energia de ligação menor; dessa forma, ele pode muito bem absorver a energia do raio-x para ionizar-se.” (LTA – E6)

“O gás xenônio possui um número atômico maior. Então...[pausa] conseqüentemente, um maior número de elétrons para interceptar os raios-x, aumentando a probabilidade de que isso ocorra. Além disso, os elétrons do xenônio estão mais fortemente ligados ao átomo, o que acarreta a necessidade de uma maior energia para “arrancá-los” de seus estados. Paralelamente, se considerarmos o volume dos dois gases e uma mesma quantidade de partículas, ou seja, nas mesmas condições, a densidade do xenônio é maior que a do Hélio, o que também aumenta a probabilidade de interação dos raios-x com os átomos do Xenônio.” (ACA – E6)

“Quanto maior for o número de elétrons, maior será a probabilidade da radiação X interagir com esses elétrons nos orbitais e serem absorvidos. Também, geralmente elementos químicos que possuem um número elevado de elétrons têm carga maior, logo podemos considerar que o gás xenônio, além de possuir mais elétrons, tem seus orbitais mais próximos que os átomos do gás Hélio, aumentando assim a possibilidade de interação.” (IFF – E6)

“Quanto maior é o Z [numero atômico], maior é a força coulombiana, conseqüentemente aumenta o número de camadas e as primeiras ficam mais próximas. A possibilidade do raio-x se chocar será maior no que tem maior quantidade de elétrons. Bem, este conceito ficou claro, só não ficou clara a relação do crescimento do raio atômico. Sei que o raio não é linear ao número de camadas e sei que as camadas vão se aproximando do núcleo à medida que Z [número atômico] aumenta. Só tenho que procurar a equação (...).” (FLE – E6)

Apesar de pequenos problemas surgirem nas respostas, é preciso lembrar que os entrevistados não se prepararam, assim como para a realização de um exame, porém, suas respostas estão conceitualmente melhor estruturadas.

Por exemplo, na pergunta surpresa realizada em E5 com esse grupo de licenciandos, que discutia basicamente processos de interação da radiação com a matéria, as respostas centraram basicamente em propriedades das ondas. Em E6, ou seja, após reestruturarem e aplicarem o PT, apesar da pergunta surpresa ser diferente da feita em E5, elas tratavam do mesmo fenômeno. Contudo, nas respostas dadas em E6, além das características das ondas, houve uma preocupação por parte dos entrevistados em relacionar também as características da matéria.

Nesse sentido, houve um avanço em termos da estruturação do modelo pelos licenciandos e, nesse caso, houve um entendimento de nossa parte de que realizar o PT, ou seja, enfrentar os problemas, ser apresentado às situações distintas, discutir com os colegas, procurar por ajuda, recorrer à bibliografia especializada etc, ofereceu recursos muito mais sólidos para responder novas perguntas.

De todo esse processo, de acompanhamento dos PT envolvendo FMC, sua aplicação e entrevistas, é possível sintetizar em poucas palavras que houve um ganho significativo em termos conceituais pelos licenciandos com a realização dos mesmos, ganho que não pode ser resumido às respostas dadas durante as entrevistas, muito menos à apresentação dos minicursos, mas observadas durante todo um processo que se inicia com uma lacuna conceitual ou regida por sérios equívocos, e culmina com uma intuição educada sobre as temáticas, além de uma visão consciente das dificuldades surgidas e de outras que ainda restam, conjuntamente com o reconhecimento da importância da apresentação dessas temáticas em espaços pertencentes ao período de escolarização básica.

5.4.3 QUANDO O DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS TEMÁTICOS NÃO FAZ PARTE DA FORMAÇÃO DE GRADUANDOS.

Conforme apresentado no Capítulo II, conjuntamente a todos os licenciandos entrevistados nas etapas desse trabalho, foi dedicada atenção em caráter de comparação a um grupo de 22 graduandos na fase, denominada de E3. Em sua maioria, esse grupo era formado por alunos do curso de bacharelado em Física e Engenharias. Ainda que generalizações sejam inapropriadas, usaremos essa pequena amostra como grupo de controle, visando traçar um comparativo, ainda que local.

Esse grupo de entrevistados foi formado por sete alunos que haviam concluído a disciplina Mecânica Quântica, disciplina da sétima fase do curso de bacharelado em Física e 15 alunos que haviam concluído recentemente (e sido aprovados) a disciplina de FÍSICA GERAL 3 e respectivo laboratório, disciplina essa presente na maioria dos Cursos de Física e Engenharia no Brasil, cuja ementa corresponde à apresentação da Eletricidade e Eletromagnetismo e respectivo laboratório.

Conforme já apresentado no capítulo anterior, durante as entrevistas com esse grupo não foi solicitada nenhuma espécie de identificação dos entrevistados. Assim, os respondentes que haviam concluído a disciplina de Mecânica Quântica e, conseqüentemente, todas as disciplinas cujos pré-requisitos continham todas as Físicas Básicas, serão identificados aqui por EEE, ETF, LMM, MSJ, PCC, PVT e RRF. Esses entrevistados serão classificados como respondentes da fase E3/G2

Os demais entrevistados desse grupo, chamado aqui de E3/G1, composto basicamente por alunos do curso de Física e Engenharias, serão identificados aqui por AVG, ATT, GTR, GGO, HII, MTD, MMR, NRR, PPP, RFG, RRP, RSL, SLO, SSJ, e TTM.

Aos elementos do subgrupo E3/G1 foram realizadas as mesmas perguntas dos respondentes da fase E2, ou seja, aqueles que desenvolveram o projeto “O dia em que a ilha apagou”, que envolvia basicamente fenômenos relativos a eletricidade e eletromagnetismo.

Quando perguntados sobre *por que a Tensão na Usina Geradora é diferente da tensão nas residências?*, a maioria absoluta dos entrevistados, aproximadamente 12 dentre os 15 foi extremamente direta em sua resposta, mas não que a resposta estivesse correta. Nota-se inclusive, na gravação em áudio, uma entonação de voz diferenciada, que remete a idéia de

uma pergunta tediosa e sem qualquer tipo de interesse. Assim, permearam essa pergunta com respostas como:

“(...) tu queres o que? que uma geladeira trabalhe em 100.000 volts?.” (ATT – E3/G1)

“Nunca pensei nisso....” (HII – E3/G1)

“Acho que é porque tem alguma razão econômica para a transmissão.” (MDT – E3/G1)

“É para transmitir em baixa corrente e ter menor efeito joule.” (SLO/G1)

A tendência em se posicionar de forma enfadonha se repetiu na pergunta sobre o porquê da necessidade na utilização de transformadores entre a usina geradora e as residências, apesar de um índice elevado de respostas evasivas e inclusive erradas. Sobre essa pergunta, é preciso registrar aqui que as três respostas mais completas, com requintes de detalhes, provieram de três graduandos em engenharia.

Quando à estes entrevistados foram propostas as mesmas questões surpresa dos licenciandos em E2 ocorreu, uma singularidade. Dos 15 entrevistados, nove deles se recusaram a executar um desenho simplificado de uma casa⁸⁵, onde foi pedido para que os entrevistados fizessem um esboço esquemático de uma possível ligação elétrica, de forma que seja possível “ligar” uma lâmpada em cada um dos cômodos conjuntamente com um chuveiro no banheiro. Assim como na fase E2, foi alertado que não era necessário considerar possíveis aterramentos, fases etc. As principais alegações surgidas para não fazer o que lhes foi pedido foram:

“Eu não sei isso. Isso é coisa de engenheiro” (SSJ – E1)

“Eu estou estudando Física. Quem gosta disso é electricista” (PPP – E3/G1)

“Mas tu não ias me perguntar sobre Física?” (HII – E3/G1)

“Não sei (...) Isso não faz a menor diferença para mim. (...) não quero fazer isso. (RFG – E3/G1)

Dentre os seis restantes que se prontificaram a realizar o desenho, três estavam totalmente errados, como erros grosseiros inclusive, um parcialmente correto e os dois restantes perfeitamente corretos. Novamente, os esquemas apresentados de forma correta foram realizados por dois alunos do curso de engenharia, que inclusive, atuam como professores na rede de ensino da grande região de Florianópolis.

Em função do exagerado desinteresse da maioria dos entrevistados em E3/G1, não foi realizada a outra pergunta surpresa que seria: Supondo que em uma determinada residência o

⁸⁵ Ver Anexo 1

disjuntor insista em ficar “caindo”, o que poderia ser feito para solucionar o problema? Explique sua resposta.

Assim, preferimos descartar as duas respostas iniciais sobre essa pergunta, já que as mesmas formavam um universo muito limitado para qualquer tipo de análise.

Para os elementos que compunham o subgrupo E3/G2, foram escolhidas perguntas que versaram sobre aspectos básicos de processos, envolvendo as interações entre radiação e matéria, onde julgamos, baseados na ementa da disciplina Mecânica Quântica I⁸⁶ e laboratório de Física Moderna, já cursada pelos entrevistados em E3/G2, uma base conceitual suficiente⁸⁷ para responder as mesmas perguntas feitas para os licenciandos que trabalharam em projetos com as temáticas que recorriam à FMC.

As perguntas escolhidas nesta fase encontram-se abaixo e analisaremos e discorreremos sobre a resposta dada pelos entrevistados, de forma geral, a seguir:

1) É sabido que a água é um elemento muito importante no processo de aquecimento por microondas, mas por que isso se dá somente com uma pequena faixa de frequência do espectro eletromagnético, ou seja, a faixa das microondas? Em outras palavras, por que a faixa de frequência das microondas é a que aquece a água e não os raios-X ou as ondas de rádio?

2) O que existe na água para a execução desse processo de aquecimento?

3) Foi mostrada aos bacharéis uma foto⁸⁸, e explicado que se tratava de uma fotografia em infravermelho do aquecimento de uma superfície de *marshmallow* em um forno de microondas e, a partir disso, foi perguntado porquê ficaria aquele tipo distribuição observada na imagem.

4) Sobre os Raios-X, basicamente foram feitas as mesmas perguntas como para os licenciandos, ou seja, como os Raios-X são produzidos, os fatores dos quais dependem a sua absorção dos Raios-X e seus efeitos em geral.

5) Como último questionamento foi perguntado: Se você quer aquecer a comida, você pode expô-la às microondas. Se você quer esterilizá-la totalmente, matando inclusive as

⁸⁶ Disponível no site www.fsc.ufsc.br

⁸⁷ Anteriormente a disciplina Mecânica Quântica I, os entrevistados do grupo E3/G2 já haviam feito a disciplina Estrutura da Matéria como pré-requisito para Mecânica Quântica I.

⁸⁸ Vide Anexo 2

bactérias, você deve expô-la aos Raios-X. Por que as microondas e os Raios-X têm esses diferentes efeitos?

Diferentemente do grupo de entrevistados na etapa E3/G1, os desta fase mostraram-se muito solícitos, alguns (ETF e PCC), inclusive, demonstraram um interesse explícito sobre os resultados da pesquisa.

Contudo, as respostas desse grupo de entrevistados apresentaram-se abaixo da média esperada, com exceção da pergunta 4. Nessa pergunta, um fato curioso ocorrido foi a solicitação, durante a entrevistas, de papel e caneta para que pudessem esquematizar através de desenhos o que gostariam de expressar. Isso aconteceu com quatro dentre sete entrevistados. A maioria das explicações, mesmo as esquemáticas mostraram-se satisfatórias.

Nas questões 1 e 2 as abstenções foram muito altas. Uma das respostas constante foi um direto “Não sei”, de quatro dentre os sete. Contudo, houve tentativas de respostas como:

“Nunca pensei nisso, mas acho que depende do tipo de interação,.....se.....tem determinadas faixas de energia que na saltam. (...) Tem alguma coisa a ver com a polarização da água, não?” (PVT – E3/G2)

“Tu tens determinadas frequências que interagem mais ou melhor com determinadas qualidades de matéria. (...) mas o porquê da água..... Eu sei que é assim porque tenho um microondas em casa, mas porque, porque mesmo eu não sei.” (LMM – E3/G2)

Não questão 3, logo após a explicação pelo entrevistador sobre do que se tratava a fotografia, a totalidade dos elementos desse grupo E3/G2 fizeram menção, ainda que sem responder corretamente a pergunta, à experiência descrita em si. Explicações como essas mostram um fator inesperado, ou seja, a surpresa pela simplicidade do experimento.

“Nossa! Mas dá para fazer mesmo? (...) que bacana.” (PVT – E3/G2)

“Show de bola. (...) mas dá certo mesmo? Vou tentar fazer (...)” (EEE – E3/G2)

“Tu tá brincando! Fica assim mesmo? ‘Que massa’ (...) dá até para ver as interferências (...)” (RRF – E3/G2)

Mas quando nos referimos à simplicidade atual da realização desse tipo de atividade não significa que estamos assumindo aqui que a resposta, em sua completude, ao problema proposto, seja trivial. Pelo contrário, envolve organização de vários conceitos e fenômenos, como interferência, ondas estacionárias, quantização etc;

A pergunta 5 foi basicamente um reflexo, dentro de um outro contexto, da pergunta 1, ou seja, com um alto índice de abstenções e tentativas baseadas em “achismos”

“Como eu falei antes (...) eu acho que depende do tipo de interação de determinadas frequências com determinadas estruturas. Mas, quais são as frequências exatamente que interage com que estrutura em não sei. (...) Pra falar a verdade, eu nem sabia que o Raio-X pode matar bactérias” (PVT – E3/G2)

“É a história da interação(...) Um professor deu uma vez um exemplo da onda do mar e da pedrinha na praia. Então é isso (...) Tu tens certas energias que só ‘enxergam’ alguns tipos de matéria (...)” (EEE – E3/G2)

Mesmo diante de um quadro onde bacharéis com uma carga horária de curso maior que a de licenciandos, no que tange à FMC, mostrando-se inaptos a responder questionamentos aparentemente “fáceis”, esperamos compreender de forma mais ampla todo esse processo, principalmente baseados em nossos pressupostos teóricos, e discutidos a seguir.

5.4.4 COMENTÁRIOS GERAIS SOBRE O DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS TEMÁTICOS COMO POTENCIALIZADORES DO PROCESSO DE CONCEITUALIZAÇÃO EM LICENCIANDOS.

Da análise realizada anteriormente nas diversas fases (E1, E2, E3, E4, E5, E6) baseada nas entrevistas, é possível julgar de forma geral que os licenciandos que participaram da elaboração ou reelaboração e aplicação dos diversos PT se mostraram melhor articulados para responder às perguntas teóricas propostas, o que é perfeitamente aceitável, já que estes licenciandos acabaram por se dedicar durante um semestre a uma temática específica.

Mas a palavra aceitável pode ter diversas acepções. Aceitável por estar em um patamar mínimo, ou aceitável porque não se encontra em um nível de elaboração conceitual final. Nossa interpretação de aceitável vai em direção dessa segunda opção, visto que, não é preciso muito esforço para recorrer à epistemologia e compreender como se deu o entendimento dos fenômenos físicos, sua formulação e modelização ao longo de sua história.

Obviamente que é sempre pertinente uma análise puramente epistemológica, mas, nesse caso, isso seria insuficiente, visto que esta contemplava não só a interpretação de fenômenos e reestruturação de conceitos, mas também visava um objetivo educacional que seria, ou a apresentação para os seus colegas de turma (INSPE B) ou a apresentação de mini-cursos para alunos advindos da escola básica. Temos, então, variáveis altamente complexas pertencentes a qualquer relação didática, e que não são diretamente ou facilmente controladas.

Sobre as perguntas envolvendo conceitos clássicos, apesar de mais cautelosos, os licenciandos evocaram mais elementos para responder os questionamentos propostos, o que não ocorreu com os bacharelados em Física e estudantes de engenharia na fase E3.

Já nas perguntas sobre fenômenos pertencentes à FMC o disparate foi maior durante nossa comparação. Os licenciandos reconhecem sua deficiência referente a esses conceitos e, apesar de terem em sua estrutura curricular uma carga horária de metade da disponibilizada como disciplinas obrigatórias para os alunos do curso de bacharelado, nas perguntas propostas, inclusive nas perguntas surpresa, a resposta dos licenciandos novamente se mostrou em geral mais satisfatória, articulada e comprometida.

Apesar de deixarmos o próximo item somente para o estreitamento entre os dados coletados, sua análise e reflexões baseadas em nossos pressupostos teóricos, adiantamos aqui

que no Ensino de Física, o tratamento de questões ou temas mais amplos envolvendo CC e que obriguem os estudantes a enfrentarem a fenomenologia envolvida e elaborá-la através da modelização, pode constituir situações didáticas adequadas para uma conceitualização progressiva, seja envolvendo FC ou FMC.

Contudo, não estamos sugerindo aqui que esse tipo de atividade seja amplamente válida ou deva ser usada em quaisquer tipo de curso ou momento indistintamente. É preciso lembrar que todos os outros estudantes entrevistados, principalmente os bacharéis, provavelmente a sua formação não se encerrará no curso de graduação, onde se espera que posteriormente consigam fazer os vínculos necessários, ou seja, compreender a dinâmica de estruturação dos conceitos, os processos de modelização e os fenômenos em um sentido mais amplo. Arriscamos sugerir que, um curso com características semelhantes para bacharéis poderia gerar frutos extremamente interessantes, e inclusive prepará-los melhor, sejam para suas possíveis (e prováveis) atividades em sala de aula, seja como pesquisadores em suas áreas específicas.

No caso dos licenciandos, sua formação inicial é praticamente final, e em casos raros será complementada em processos de formação continuada ou através de cursos de pós-graduação. Nesse caso, as atividades aqui relatadas constituíram-se não somente como alternativas metodológicas, mas sim como um momento privilegiado para aprofundar, e em alguns casos tomar Ciência, da estruturação do conhecimento físico, da fenomenologia, dos processos de modelização, promovendo uma visão da Ciência viva, atuante, aberta e presente no cotidiano das pessoas.

Assim, deixaremos para o próximo item a reflexão sobre que elementos existem no tipo de atividade desenvolvida no conjunto de disciplinas de INSPE da UFSC que munem os licenciandos para ressignificar seus conceitos físicos, ou, em alguns casos, inclusive a significá-los.

É importante ressaltar que a característica das INSPEs permitiu investigar como os alunos utilizam conceitos anteriormente adquiridos dentro de um contexto diferente, contexto este gerado pela elaboração de um PT.

Como parte do processo, foi possível perceber que esta atividade representa para os alunos um desafio de grandes proporções. Ainda assim, podemos perguntar que tipo de reflexo essas atividades terão em outros níveis escolares, como o EM.

5.5 A TEORIA DOS CAMPOS CONCEITUAIS E O DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS TEMÁTICOS: APROXIMAÇÕES TEÓRICAS E PERSPECTIVAS DE ANÁLISE

Durante esse item buscaremos compreender o papel, a função e as potencialidades das atividades realizadas no conjunto de disciplinas de INSPE, apoiados nas bases conceituais que dão suporte a esse trabalho.

As disciplinas aqui referidas têm por objetivo fazer o vínculo entre as disciplinas específicas e as pedagógicas. Isto é, visam sensibilizar e preparar os alunos para tratar as questões práticas envolvidas com o ensino de conteúdos específicos. Pela suas especificidades, essas disciplinas fazem parte do elenco das disciplinas profissionalizantes, e são cursadas após o ciclo básico na instituição considerada. Sendo assim, uma das expectativas para esta disciplina é que os alunos tenham uma base conceitual estabelecida para enfrentar atividades como o desenvolvimento, aplicação e avaliação de PT.

Nesse entendimento, os conteúdos dos programas das disciplinas básicas deveriam, a princípio, instrumentalizar os alunos a lidarem com os diferentes fenômenos presentes nos temas propostos nas INSPEs. Contudo, inicialmente os licenciandos participantes dessa pesquisa apresentaram resistências e dificuldades no desenvolvimento das atividades, além de deixarem transparecer diversas falhas conceituais. Mas foi justamente no processo de enfrentamento destes desafios e na superação das falhas que estas disciplinas criaram uma situação extremamente rica para analisarmos o processo de reelaboração e resignificação conceitual, isto é, uma situação didática diferenciada que possibilita a análise do processo de aprendizagem.

Usando a linguagem de Vergnaud, podemos dizer que o desenvolvimento de PT constituiu-se como uma situação de aprendizagem diferenciada, isto é, uma situação que propicia a interação dinâmica do terno [S, I, R] da TCC.

Mas como já adiantamos em capítulos anteriores, as definições acima não são exatamente iguais às de Vergnaud, porém acreditamos serem bem adaptadas a temas como Eletricidade, Mecânica, etc.

Assumindo que a TCC diz respeito à forma como a psique humana trabalha no sentido de conceitualizar progressivamente um novo domínio, ou ainda, aprofundar a

conceitualização de um domínio parcialmente conhecido, com base nas entrevistas realizadas, é possível responder que o processo de ensinar Física usualmente utilizado NÃO propicia essa conceitualização progressiva, isto é, a dinâmica das componentes [S, I, R], principalmente porque [S] na tripla de Vergnaud tem uma dimensão bastante ampla e dinâmica, que abrange todas as situações que podem ser entendidas, explicadas ou enfrentadas com um determinado número de ferramentas conceituais.

O que observamos através das entrevistas realizadas é que nos cursos de Física é dada uma ênfase nos aspectos formais, ou seja, desbalanceando a tripla [S, I, R], pois nas disciplinas básicas o peso maior está na dupla [I,R].

Nessa análise, o [S] captado nas entrevistas e advindo das disciplinas que compõem o núcleo conceitual básico, foi praticamente um pequeno recorte, que tem se limitado a exemplos e problemas e que visam testar a aplicabilidade de uma teoria.

Nesse sentido, aparentemente a resolução de problemas, que em sua grande maioria é constituída de exercícios visando apenas formas de treinar para um maior domínio da linguagem formal ou da exemplificação e/ou demonstração de um dado conceito presente no corpo constitutivo dos esquemas teóricos, não tem dado conta de responder questões mais amplas, conforme os resultados das entrevistas dos bacharéis. Muitas vezes os problemas a eles apresentados, mesmo em disciplinas mais avançadas como MQ, visam apenas sedimentar o formalismo, ou seja, dar mais uma continuidade de [I,R] do que uma situação nos termos de Vergnaud propriamente dito.

Dos resultados obtidos constatamos uma situação paradoxal, visto que, praticamente são fornecidas aos graduandos em Física todas as ferramentas necessárias para a compreensão dos mais diversos fenômenos, mas sua estruturação tem se mostrado incompetente, ou seja, não é capaz de lhe prover um sentido ou estabelecer uma ligação entre elas e o objeto.

Talvez isto ocorra porque o aluno nunca foi exposto a situações mais amplas como as quais os licenciandos tenham se deparado em INSPEs, ou estas não tenham feito parte do processo de aprendizagem, e portanto, não tenham lhe provido algum sentido.

Assim, contrapondo os diferentes grupos de entrevistados, ou seja, aqueles que passaram por uma disciplina como INSPE e os que não, é possível concluir que a forma tradicional de tratar Física não amálgama a dinamicidade cognitiva proporcionada pelas situações onde o terno [S, I, R] é respeitado.

Dentro dessa análise, o que INSPE tem proporcionado através da dinâmica de desenvolvimento, confecção e aplicação dos PT é a criação de situações diferenciadas que favorecem a conceitualização, onde a introdução da fenomenologia e a modelização foram fundamentais no desenvolvimento de todo esse processo, pois conferiram elementos cuja função era de harmonizar as questões didáticas com o processo cognitivo interno, além de conferir ao ato didático uma dinamicidade característica do fazer científico.

Mas ainda há outra vertente que pode ser analisada em função dos dados obtidos. VERGNAUD (1990) caracteriza o conceito de situação como sendo de uma “tarefa”, onde as ações e respostas dos sujeitos são decorrentes das situações com as quais é confrontado, onde as condutas são diferenciadas.

Das observações e análises por nós realizadas, acreditamos que os melhores resultados se deram nas temáticas referentes à FMC, visto que, conforme declarado por grande parte dos licenciandos, seu contato com essa temática era parco, insuficiente ou inexistente para tratar em seus respectivos PT. Ou seja, na classe de situações de Vergnaud, não havia um repertório prévio de esquemas. Como seu contato deu-se então sob contexto diferenciado, apoiado na fenomenologia e nos processos de modelização, os resultados, em termos de conceitualização e respectiva verbalização apresentadas, mostraram-se significativamente superiores àqueles PT referentes à FC, onde foram detectados vários “vícios” conceituais, algumas vezes errôneos, e que para evoluírem conceitualmente precisaram ser acomodados e recombinaados, o que, algumas vezes não aconteceu.

É importante frisar que os fenômenos tratados dentro dos temas não aparecem já formalizados como é usual nos livros textos. Por se tratar de temas gerais, é necessário que os estudantes façam recortes, escolham dentro da gama de fenômenos aqueles que sejam mais relevantes. E ao se debruçar sobre os fenômenos escolhidos, eles são obrigados a buscar os conceitos e variáveis relevantes, associando-os ao conhecimento físico. Para tanto, é necessário que os fenômenos sejam modelizados e ao final sejam novamente formalizados. Esta elaboração é ainda motivada e guiada pelos objetivos de retransmitir os conceitos para alunos do EM, o que implica num trabalho necessário de Transposição. Esta Transposição implica também numa reflexão por parte do licenciando sobre o processo de elaboração.

Por exemplo⁸⁹, os licenciandos que participaram do projeto “Entre nessa μ onda”, a princípio focalizaram as diferenças entre o cozimento gerado por forno microondas e os fornos usuais. Após um leve percurso discutindo a condução e distribuição de calor durante o processo de cozimento, julgaram que a Física e Química das transformações geradas num cozimento levaria a um afastamento do tema. Acabaram, assim, por concentrar-se no papel da água como centro de absorção da energia das microondas.

A partir daí perceberam que para tratar a absorção de energia era necessário antes ganhar compreensão sobre a radiação de microondas. Focalizaram então dois aspectos, a produção e o papel do forno como uma cavidade eletromagnética ressonante. Nos dois casos, os licenciandos sentiram a necessidade de rever os conceitos mais básicos de ondas eletromagnéticas. No caso do gerador de microondas, a Física do Magnetron os levou a um longo processo de modelização até que finalmente puderam concebê-lo como um circuito RLC. Isto nas palavras de Hestenes (1987) pode ser considerado como a realização de um modelo concreto visto que é um modelo conceitual imerso num contexto concreto.

Em um momento posterior, os licenciandos se dedicaram a compreender o processo de absorção pela água, e para tanto, debateram vários modelos. Passando por modelos mais microscópicos, consideraram os espectros rotacionais e vibracionais da água, mas ao final optaram pelo tratamento macroscópico considerando o efeito da radiação como resultado da interação de um campo oscilante com um meio dielétrico.

A polarização das moléculas de água foi discutida e os alunos adotaram como modelo de absorção a oscilação das moléculas, devido a sua polarização, sendo que a incoerência de parte das oscilações seria a causa do atrito e da geração de calor. Ao longo deste processo, acompanhado por dois semestres, notou-se que houve reelaboração e resignificação de conceitos através de uma análise fenomenológica e de modelização.

Conjuntamente, observou-se que no ato da construção do módulo didático, os alunos optaram muitas vezes por um retorno ao paradigma didático. Isto é, quando da aplicação, muitos buscaram enfatizar os aspectos formais em detrimento da discussão fenomenológica e conceitual. Por exemplo, em uma primeira apresentação interna, a discussão sobre a natureza e características da onda eletromagnética se transformou na tradicional aula de comprimento de onda, frequência e velocidade, utilizando ondas mecânicas, aplicação de fórmulas e exercícios. Ao final, as ondas eletromagnéticas foram caracterizadas apenas porque,

⁸⁹ Não cabe aqui relatar todos os PT, já que os mesmos serão anexados em versão digital. Contudo, descreveremos um deles como exemplar, a fim de ilustrar todos os principais passos no seu acompanhamento.

diferentemente das mecânicas, não precisam de um meio para se propagar. Naquele momento, nenhuma discussão mais profunda sobre a relação entre campos foi feita.

Esta tendência de retorno ao paradigma didático tradicional, mostra parte da resistência e da tentativa de incorporar esta atividade dentro de esquemas já bem conhecidos. Este tipo de postura pode ser notado não apenas no tratamento do tema microondas, mas também em outros PT. Após a crítica a esta postura, feita inclusive por colegas e pela pressão gerada pelos objetivos de ministrar um mini-curso para alunos do EM, os licenciandos reestruturaram suas aplicações, com maior ou menor sucesso dependendo do caso.

Outro ponto importante na análise de conceitualização progressiva é o papel do conhecimento prévio dos alunos. Nossos resultados demonstram que o enfrentamento do PT e os avanços conceituais dependem do grau de domínio e de reflexão sobre os conceitos envolvidos. Mas é importante salientar que não se trata apenas de pré-requisitos, pois *a priori* os graduandos cumpriram as mesmas disciplinas.

Neste sentido, os projetos que envolvem temas de FMC se constituíram em um campo privilegiado de análise, visto que vogam sobre conteúdos, fenômenos e conceitos sobre os quais os alunos não têm uma menor vivência e maturidade. Contudo, os resultados obtidos não são restritivos aos CC da FMC, pois as situações aqui estudadas mostraram-se propícias também no que tange à FC.

Ademais, baseado no estudo de Sousa *et al* (2004) que visava inferir se os alunos [graduandos] constroem modelos mentais para resolver situações propostas, tendo esse trabalho o objetivo central de identificar os teoremas e conceitos-em-ação usados na construção de tais modelos, notamos em suas conclusões importantes e significativas razões para acreditarmos que trilhamos um caminho potencialmente rico, e que tende a colaborar, principalmente no campo metodológico, em pesquisas que buscam identificar os invariantes operatórios de estudantes durante seu processo de conceitualização. Nas palavras dos autores:

No que se refere aos invariantes operatórios, nossos resultados foram ainda menos convincentes em termos de evidências. Praticamente, não conseguimos identificar invariantes operatórios. O que teria acontecido? Tínhamos registros aparentemente adequados, mas não conseguimos gerar asserções de conhecimento. Teriam sido inadequadas as transformações metodológicas feitas nesses registros? Nos parece que não. **Creemos que as situações é que foram mal escolhidas** (...) Para Vergnaud, são as situações que dão sentido aos conceitos. Tais situações não são propriamente didáticas, mas, antes, situações problemáticas. Nossas situações eram as de sempre, ou seja, situações usuais de Ensino de Física Geral e não tínhamos como fugir delas. Eram situações que sempre se usa no Ensino de Física Geral, inclusive no laboratório, e que são pouco apropriadas para dar sentido aos conceitos. Os alunos as abordam mecanicamente. Usam o discurso científico sem ter captado o seu significado. São situações que não levam o aluno a usar (e explicitar) seus invariantes operatórios (que são largamente implícitos) e não ajudam a dar sentido aos conceitos envolvidos. Certamente não são as situações-problemas das quais fala Vergnaud (SOUSA et al, 2004, p.111, grifo meu).

No estudo de Sousa et al (2004), participaram graduandos de uma turma de Física 2, disciplina essa voltada ao estudo dos conteúdos de gravitação, ondas e termodinâmica, e conforme presente na citação acima, não é qualquer situação passível de ser utilizada nesse tipo de pesquisa, mas sim, conforme os autores, situações problemáticas, ou seja, situações que suscitem verdadeiros problemas a serem enfrentados pelos alunos. Assim, acreditamos no nosso estudo ter encontrado situações que permitam esse tipo de análise, principalmente no que tange a formação inicial de professores de Física.

Acreditamos que o problema aqui estudado é de profundo interesse para a pesquisa em Ensino de Física pela sua potencialidade, não só em termos de pesquisa, mas por seus possíveis reflexos na escola básica, que clama por atenção e alternativas. Contudo, em casos que se distanciam do aqui estudado, adaptações devem ser feitas.

Finalizando esse capítulo, confirmamos que para os exemplares estudados e pertencentes a diferentes CC na Física, a afirmação de Vergnaud (1990) de que, o entendimento e domínio de um CC se dá ao longo de muito tempo e está ligado à diversidade de problemas e propriedades, é explícita, principalmente se admitirmos que um determinado CC envolve além das situações, um amplo conjunto de problemas, operações de pensamento e representações, que embora distintos, possuem intercepções nem sempre triviais de serem localizadas, mas que em um sentido amplo, apresentam-se de forma articulada durante um determinado processo de aquisição. E este, pertence a um tempo longo da aquisição do conhecimento, ou seja, em um tempo posterior à sua formação acadêmica.

No caso por nós analisado, a observação descrita acima se deu em instâncias comparativas. Primeiramente, no acompanhamento dos licenciandos no desenrolar de seus PT, sua evolução, seus conflitos, variações e alternâncias. Depois observando o resultado das respostas entre graduandos que participaram ou não da confecção dos PT.

Ainda aportados nos resultados obtidos, acreditamos que os reflexos do desenvolvimento e construção de PT por licenciandos devem ser investigados tendo como perspectiva a escola básica. Apesar de não realizarmos nesse trabalho nenhuma espécie de coleta de dados com alunos do EM, o que seria extremamente interessante já que nesse caso o licenciado encontrar-se-ia em uma situação não-didática, sugerimo-lo como campo de pesquisa e, principalmente, como resposta às gigantescas carências do Ensino das Ciências Naturais no EM, principalmente através de atividades similares transpostas para outros níveis de escolarização, respeitando as especificidades e limitações em cada caso.

CAPÍTULO VI

A FORMAÇÃO DE LICENCIADOS EM FÍSICA: UMA PROPOSTA, UM DESAFIO.

6.1 INTRODUÇÃO

O presente capítulo tem o objetivo de retomar os principais pontos discutidos ao longo dessa tese, promover complementações que julgamos necessárias, dar indicativos sobre a potencialidade do tema pesquisado para futuros trabalhos e, suscitar contribuições gerais para a pesquisa de Ensino de Física.

Quando no início desse trabalho perguntamos sobre “qual é o papel da Física na escola?”, obviamente que não pretendíamos respondê-la, ou melhor, respondê-la em sua completude. Tal tarefa é mais ampla do que as poucas palavras que compõem esta pergunta, e deve ser encarada com contribuições de diversas áreas do conhecimento, e não somente da Física, seja do ponto de vista teórico ou de aplicações mais práticas. Aliás, é preciso dar respostas que tenham efeitos na sala de aula da escola básica, já que, apesar dos avanços de pesquisas, muito pouco tem sido revertido à ela. Assim, concordamos com Delizoicov (2000), ao propor que essa aproximação deve se dar durante a formação de professores.

Deste modo os resultados das investigações sobre Ensino de Ciências precisam estar presentes nos cursos de formação de professores pelo menos por dois motivos: primeiro porque podem subsidiar a ação educativa, nas suas múltiplas faces, dos próprios docentes de Física e de outras disciplinas que atuam nos cursos de formação, estabelecendo assim uma Prática de Ensino em sintonia com o que vem sendo produzido pela área; segundo que as pesquisas e seus resultados, se tomando como objeto de estudo dos alunos dos cursos, permitirão fundamentar a análise das próprias práticas estabelecidas e nas quais estão sendo formados, constituindo-se parte do instrumental de trabalho didático pedagógico do profissional em formação (DELIZOICOV, 2000, p. 82).

Essa visão também é compartilhada por vários pesquisadores, que advogam inclusive sobre a criação de espaços próprios de reflexão sobre a produção de conhecimento no Ensino de Ciências.

Apesar dessa crescente produção da pesquisa em Ensino de Ciências, a prática concreta dos professores na área ainda é marcada por perspectivas tradicionais de ensino-aprendizagem, seja por motivos políticos e econômicos da própria educação, seja por problemas na própria formação inicial do professor de Ciências. Os resultados da pesquisa do campo educacional ainda encontram resistências à sua aplicação na prática pedagógica, apesar da ampliação do número de experiências que incorporaram tais resultados. Torna-se assim fundamental o desenvolvimento de espaços de reflexão sobre as questões referentes à produção de conhecimento no Ensino de Ciências na formação inicial de professores. As licenciaturas nas diferentes áreas das Ciências Naturais são, sem dúvida, o local privilegiado e com a responsabilidade de promover o aprofundamento sobre essas questões e, além

disso, tem o compromisso de conhecer e socializar a produção que vem se solidificando na área (MARANDINO, 2003, p. 177).

Em outro trabalho, Delizoicov (2001) é ainda mais incisivo, e ao realizar o exame dessa problemática, onde defende que a referida aproximação entre a pesquisa acadêmica e a sala de aula da escola básica deverá se dar pelo menos sob três aspectos: O teor das pesquisas, o uso dos resultados das pesquisas nos cursos de formação inicial, bem como na formação continuada de professores.

Em nossa reflexão, admitimos como contribuição mais imediata para a escola básica o segundo aspecto delineado por Delizoicov (2001), principalmente por acreditarmos que o professor é o agente mais imediato para “levar” nossa resposta, e durante sua formação inicial é onde se podem delinear melhor os contornos de seu futuro exercício docente.

Deste modo, se se atribui ao Ensino de Física e outras disciplinas da educação escolar a responsabilidade de tratar questões e temas tão importantes, não se poderia deixar de tratá-los sistematicamente durante o curso de formação de professores (Delizoicov, 2000, p. 77).

No entanto, esperamos ter deixado claro que na relação didática há um conjunto de variáveis altamente complexas, sendo que o processo de transposição de recursos cognitivos não é nada trivial quando se trata de um ou outro contexto. É nesse caso que a investigação da TCC tornou-se uma ferramenta poderosa, pois talvez o seu objetivo principal seja a observância entre o funcionamento cognitivo e seu desenvolvimento. Acreditamos que a escola deve buscar empreender ambos.

Nesse sentido, a TCC nos ofereceu um olhar menos ingênuo sobre os aspectos cognitivos e metacognitivos da aprendizagem, principalmente dando os indicativos de que é extremamente pobre e inclusive incorreto achar que em uma prática educacional, como o Ensino de Física, o que é importante é somente praticar. Isso também, mas não somente. Há outros elementos mais essenciais, por exemplo, pensar.

De forma mais concreta, investigar a confecção de PT por licenciandos proporcionou uma ligação concreta desses fatores, em um ambiente onde a complexidade da relação didática é uma máxima, e onde também podemos ter reflexos mais imediatos na escola.

Mas antes de elaborarmos uma análise conclusiva sobre o papel da elaboração dos PT na forma que se dão atualmente no conjunto de disciplinas de Instrumentação para o Ensino de Física, no curso de licenciatura em Física da UFSC, seus reflexos na formação inicial e possíveis alternativas para a educação básica, achamos interessante, primeiramente, fazê-lo através da impressão de seus próprios executores.

6.2 O QUE PENSAM OS LICENCIANDOS SOBRE OS RESULTADOS OBTIDOS COM A CONFEÇÃO E/OU APLICAÇÃO DOS PROJETOS TEMÁTICOS.

Da análise das entrevistas feita em capítulos anteriores, uma das conclusões mais significativas e surpreendentes, foi a evolução de licenciandos ao conseguirem significar, de maneira elaborada, as temáticas tratadas nos projetos referentes à FMC, que até então eram tidas por eles, em sua maioria, praticamente como novidade.

A importância do tratamento desses temas nos projetos e de sua possível aplicação com alunos do EM já foi justificada anteriormente, mas é importante estar atento a algumas peculiaridades. Pietrocola e Zylbersztajn (1999), por exemplo, argumentam que a aprendizagem de conceitos referentes à FMC ocorre com dificuldades se eles não forem significativos para o cotidiano dos alunos. Nesse sentido, não foi casual a escolha das temáticas privilegiadas para serem trabalhadas pelos licenciandos.

Como em qualquer análise, seu proponente, a partir dos dados coletados e das referências teóricas em que se baseia, busca através de uma síntese, esboçar um quadro panorâmico do estudo em função dos objetos aos quais a pesquisa se propôs. Nesse sentido, esse trabalho também chegou a conclusões que, apesar de não poder ser generalizados à qualquer caso indistintamente, o estudo dos PT fornecem elementos extremamente ricos. No nosso caso, foi investigar qual a efetividade de sua construção para a significação e ressignificação de conceitos de Física.

Mas antes de expressar nossas conclusões, seria interessante ver o que os licenciandos acharam do produto final, resultado do esforço de um semestre de árduo trabalho coletivo. Basicamente, iremos estruturar esse item sob dois questionamentos estruturais feitos aos licenciandos. 1) Qual a sua avaliação, por parte do entrevistado, do resultado final do PT apresentado na conclusão da disciplina de INSPE B ou do resultado final do mini-curso apresentado em INSPE C? 2) Se, do PT que foi confeccionado e/ou apresentado, seu proponente mudaria algo.

Se agruparmos os dois questionamentos acima, os entrevistados basicamente se dividiram em cinco grupos, dentre aqueles que:

A) Acharam o PT apresentado o melhor possível, incondicionalmente, e nele não mudariam nada.

B) Acharam o PT muito bom, mas fazem ressalvas de diversas naturezas.

C) Acharam que para o PT ficar bom, elementos pertencentes à sua disposição, metodologia ou conceitos privilegiados deveriam ser modificados.

D) Não gostaram porque o PT não ficou bom, mas acharam a experiência válida.

E) Não gostaram de ter realizado o PT (com ou sem motivo).

Para o primeiro grupo, ou seja, dos licenciandos que se posicionaram de forma positiva incondicional ao PT proposto, obtivemos depoimentos como esses:

“Eu não mudaria nada. Da forma como foi... Não, eu não mudaria nada (...) É um conteúdo que, em primeiro lugar, geralmente não é ensinado em função do tempo, e agora com a grade curricular que diminuiu o número de aulas, então as aulas não chegam a ter conhecimento sobre esse conteúdo e quando chegam é aquela coisa. (...) Enfim, acho que tudo estava em sintonia, os experimentos, a Transposição Didática a seqüência didática, as aulas, os conteúdos estavam bem conectados.” (AAL – E2)

“Eu não mudaria o projeto. ‘Nadica’ de nada. Acho que ele fez o que ele propôs. (...) Eu acredito que muito bom, não porque eu fiz, porque não seria esse o caso, mas porque eu acho que o conteúdo é bom, é interessante, faz parte do cotidiano do aluno, porque todos os fenômenos que envolvem o forno microondas, que dizer, os alunos aprendem tudo sobre radiação, todo o espectro, ondas mecânicas também, pois não fica só nas OEM, os mitos também e verdades sobre o forno microondas, tirar aquela idéia de câncer, porque certos alimentos não podem ser feitos e até mesmo utilizar um forno, já que faz parte do nosso dia a dia.”(JSS – E2)

“Acho que não [mudar algo em relação ao projeto], porque por mais que não, que a gente não tenha visto muito bem, eu pelo menos tinha uma noção básica de todo o conteúdo que foi abordado no projeto. (...) Não, acho que não..., foi,... acho que foi bem homogêneo assim, eu acho que não teve altos e baixos, foi bem tranqüilo desde o início...” (RRG – E2)

“Sou meio suspeito em falar, mas acredito que o resultado esperado foi muito bom, conseguimos fazer com que todas as aulas tivessem grandes discussões e boas aplicações.(...) Acho que se melhorar, estraga.” (RRS – E4)

Alguns licenciandos se posicionaram, inclusive, vendo perspectivas e relações entre o ato de desenvolverem o PT proposto e sua (futura ou atual) atividade profissional.

“Achei que ficou muito bom (...) Não mudaria nada. Penso que o resultado final foi muito mais do que simplesmente o projeto final apresentado o qual, por sua vez, foi um verdadeiro trabalho de elaboração, pesquisa, criatividade e organização didática. No entanto, profissionalmente penso estar com uma opinião crítica agora muito mais apurada a respeito da didática, do ensino, dos livros textos, etc.” (MAB – E4)

“Gostei mesmo. Acho que ficou bom. (...) Posso afirmar que os projetos serviu para mostrar as dificuldades que vamos encontrar quando fomos exercer nossa profissão, encarar a molecada.”(VCC – E4)

“No momento superou as expectativas. Hoje eu já não sei. Pensei nisso ontem (...) Será que dá para fazer, no tipo de escola que temos, esses projetos?” (JMM – E6)

Um segundo grupo foi constituído por aqueles que acharam o PT e o seu desenvolvimento muito bom, mas fazem algumas ressalvas de diversas naturezas.

“A avaliação é a melhor possível, realmente a gente consegue passar coisas bem interessantes, assuntos que os alunos não costumam ver no Ensino Médio. É bastante conteúdo, mas a forma como é passado eles..., acho que é muito proveitoso, realmente essa metodologia é excelente. (...) Eu mudaria, inclusive quando eu usei esse mesmo projeto na aplicação do meu estágio eu já mudei ele, eu inseri algo que, ao meu ver, estava faltando, que era a questão do som, que é uma onda mecânica e é uma onda mecânica invisível, então ela encaixa muito bem nos moldes desse projeto que está lidando com coisas visível e invisíveis, onde o aluno tem que construir modelos. Então eu inseri o som, o espectro sonoro, especialmente o espectro sonoro para que eles entendessem que o espectro eletromagnético nada mais é que uma simples classificação, como o espectro sonoro, que é bem mais plausível, bem mais fácil de entender. Então uma das modificações foi esta, e o resto eu acho que o projeto estava legal.” (VVV – E2)

“Ficou bom, mas... alguns detalhes, em algumas coisas ele poderia ser mais completo. É lógico que se tivesse mais tempo e mais aulas, acho que teria coisas para colocar a mais, porque algumas coisas foram só citadas e não foram trabalhadas, a própria parte dos campos, a parte de calor que a gente tirou, até a parte que alguns alunos perguntaram, como a parte técnica do magnetron, como funciona, enfim. (...) Os alunos participaram bastante e demonstraram que gostaram do projeto e fizeram boas perguntas e tal, mas alguns conceitos até pelo tempo, foram passados por cima, como a parte de ondas, tanto que teve um pessoal que perguntou em uma aula, e eles não sabiam responder, então apesar deles terem gostado eu acho que algumas coisas não ficaram muito claras e precisarem ser arrumadas. (JJJ – E2)

“Acabamos caminhando por caminhos nem sempre de nossas escolhas para tentar melhorar o projeto, mas que ao final foi satisfatório. (...) é uma atividade bacana. (...) A meu ver, e acredito que do grupo, algumas coisas poderiam ter sido melhoradas, mas faltou tempo, e paciência, por isso acabamos finalizando como estava.” (JCC – E4)

“Por motivos de falta de organização e tempo para a equipe construir o projeto. Foi uma falha da equipe, não da disciplina. (...) o tema não foi abordado com a profundidade que poderia, embora o essencial esteja ali. Por isto, acredito que tenha sido satisfatório. (...) A iniciativa é boa.” (LHM – E4)

Em alguns casos notamos uma tendência de licenciandos em mesclarem esse tipo de atividade como outras mais tradicionais, muitas vezes justificando essa tendência, talvez no intuito dar uma certa “credibilidade” científica ao que estão fazendo. Nesses casos, a dependência da Matemática mostrou-se uma constante. É importante salientar que esta formalização também seria muito interessante e poderia ainda gerar outros estudos, visto que, poderíamos comparar esta formalização baseadas numa modelização, com as formalizações dadas no enfoque tradicional. Mas, devido ao escopo dos mini-cursos, não foi possível que nos aventurássemos a qualquer exploração dessa natureza.

“Talvez uma aplicação um pouco mais... de como se calcular uma conta de luz, entender como se calcula. (...) Não tem jeito. Se você não fizer umas continhas eles [estudantes EM] não acham que aquilo é Física. (...) Mas só se tivesse mais aulas, pois eu não tiraria nada, eu só complementar.” (ADM – E2)

“Achei o projeto ‘dez’. (...) Com certeza eu mudaria, ampliando o número de aulas, pois a gente notou que o tema transmissão estava mais amplo e necessitava de mais aulas. (...) Eu colocaria também um maior formalismo, pois no nosso ficou muito na parte descritiva, mas não o formalismo mero com equações, mas primeiro colocando os fenômenos e depois matematiza, ou seja, do cotidiano para o formalismo. E por ultimo acho que faltaram mais experiências.” (ADZ – E2)

Invertendo a ordem condicional, vários entrevistados definiram que para o PT ficar bom, elementos pertencentes à sua disposição, metodologia ou conceitos privilegiados deveriam ser modificados. Essa mudança de condição é importante, pois revela uma face diferenciada da confecção dos PT, ou seja, aquela onde só ficará bom se..., ao invés do, ficou bom, mas poderia...

“O projeto poderia ficar melhor se talvez nós mudássemos a abrangência dele. Em que sentido? Por exemplo, quando você fala de microondas e você vai dar isso para uma galera de 1º ano, já que o projeto não especificava qual era a série, eu daria esse projeto numa terceira serie, no final. É aí que a noção de campo que já é complicada, para o pessoal de terceira serie, principalmente de escola publica, onde a gente está atuando com ele agora (...).”(MRS – E2)

“O projeto foi válido porque me ajudou a agregar conhecimentos, coisas que eu tinha dúvida, me facilitou a relação com alunos, pois era muito nervoso para tentar falar com calma com os alunos. Mas tenho consciência que não ficou bom (...) Pra mim eu acho que deveria ter disciplinas, não do mesmo tipo porque demanda muito tempo, mas algo parecido durante o curso todo de Física, para o aluno ir exercitando, é uma coisa que é muito bom. (...) Eu tenho dúvidas de como foi aplicado, pois a gente pensou em aplicar de um jeito e como teve a divisão das aulas, cada um aplicou de um jeito, então não é o mesmo jeito o que está no projeto e o que foi aplicado. (...) faltaram algumas coisas, como corrente alternada, mas faltou um certo aprofundamento da gente para falar isso para o aluno.” (FMJ – E2)

Entrevistados ainda relataram não terem gostado de desenvolverem seus respectivos PT, porque o mesmo não havia ficado bom (na interpretação deles). Contudo, acharam a experiência válida.

“Não gostei. Acho que não ficou bom não. Faltou alguma coisa para ficar legal. (...) A atividade em si é legal porque a gente aprende muita coisa, mas não gostei. Talvez abordasse um pouco mais de Física Moderna, um pouco mais da parte de radiação, mas é claro que ficaria complicado de ser aplicado, porque, bem, talvez não ficasse mais complicado, mas devesse ser um pouco mais trabalhado, conseguir, por exemplo, mais equipamentos, mais tempo e talvez diminuir um pouco da parte de onda mecânica.” (CST – E2)

“O resultado final do projeto da qual participei, na minha opinião, é de que ele é interessante, porém não está muito satisfatório.(...) Foi trabalhoso, muito trabalhoso. (...) Não ficou bom. (...) vou tirar boas idéias daí para fazer na escola.” (ARS – E4)

Mas em nosso estudo não houve unanimidades, o que é perfeitamente compreensível em função da heterogeneidade do público entrevistado, já que, existiram também aqueles que simplesmente não gostaram de ter realizado o PT. Esses são os mais enfáticos. Contudo não temos elementos aqui para julgar o motivo de tal posicionamento, principalmente daquelas respostas que foram do tipo “não gostei porque não gostei”

“Ficou muuuuito ruim. Odiei fazer esse projeto. Odiei fazer essa disciplina. Mas temos que fazer... Fazer o que?”. (KVV – E4)

“O projeto final foi consequência de todo o curso durante o semestre, sendo que não avalio de maneira positiva a conduta desta disciplina, nem do projeto. Fiz porque tenho que fazer, mas acho que não dá muito certo. A consequência foi um projeto que não alcançou no resultado que eu esperava, creio que faltou orientação adequada para o desenvolvimento do projeto. Realmente não gostei de ter feito.” (FMC – E4)

Mas dentre esses, havia licenciados que apesar de não terem gostado, talvez naquele momento, de desenvolver os PT, consideraram a iniciativa boa, e atribuem sua negação a outros fatores.

“Horrrível. Em minha opinião pegamos o ‘fio da meada’ um pouco tarde, o que, pelo menos para mim, deveu-se a um desencontro de informações. Ninguém tem dúvidas da imensa qualificação dos três professores da disciplina. Entretanto, a mensagem inicial foi um pouco confusa, pois ainda que quisessem exprimir a mesma idéia, cada um usava uma linguagem e focava um ponto diferente. Talvez seja até mesmo uma deficiência de interpretação de minha parte, mas tudo foi meio confuso.(...) Do jeito que foi eu não gostei. Somente do meio do curso em diante é que consegui entender um pouco do que se estava pedindo. E isso refletiu na baixa qualidade, em minha opinião, do projeto. Mas considero importante salientar que não me dediquei como acho que seria o necessário para o melhor aproveitamento da disciplina. E isso, como já ressaltai, foi falta de tempo.”(ACA – E4)

Identificamos ainda no grupo dos que buscam justificar o motivo de não terem gostado de desenvolver esse tipo de atividade aqueles que atribuem tal fato principalmente ao fator tempo: A falta de tempo pessoal (em função de outras atividades extra-acadêmicas); a falta de tempo para a realização das atividades solicitadas durante a disciplina; ou ambos.

O projeto poderia ter sido melhor elaborado. (...) É um ‘troço’ que dá trabalho. (...) O f. [palavra retirada] foi que ficamos quase o semestre inteiro amadurecendo a idéia do projeto para confeccionar ele nas últimas semanas. Só na hora que a água bateu, você sabe onde, nós nos ‘coçamos’. Aí achei que já era tarde. (JMS – E4)

“Levando em conta todas as barreiras enfrentadas por nós, entre elas, o tempo disponível, a prioridade para a qualidade das figuras, experiências, e textos complementares, a dificuldade de se obter conhecimentos físicos do assunto, o qual fomos tentar obter até em São Paulo na USP, através dos professores especializados de lá, no centro de Geografia aqui na UFSC, nos centros responsáveis por fenômenos deste nível aqui em Santa Catarina, com pessoas qualificadas aqui no Centro de Ciências Físicas e Matemáticas, e por fim em inúmeros livros, revistas científicas, e artigos científicos, eu achei injusto o resultado. Injusto porque no final não ficou bom. Acho que não soubemos administrar o tempo. Fazer o quê?”.(FLE – E4)

“Eu não avalio meu projeto como um bom projeto, já que as dificuldades para a confecção do mesmo foram muitas e o tempo que os participantes possuíam para se dedicar a ele era pequeno.” (TMN – E4)

Em uma compilação geral, o quadro que retrata a análise relativa a visão dos licenciando sobre o desenvolvimento de seus PT é o seguinte:

1) A ampla maioria dos entrevistados apóia e demonstra um sentimento de satisfação em relação a esse tipo de atividade, apesar de julgarem-na trabalhosa. Por muitos é sugerida uma ampliação de carga horária.

2) Dentre os que vêem esse tipo de atividade como significativa para a sua formação, a maior parcela refere-se aos que desenvolveram PT relativos à FMC, e justificam a importância desse tipo de atividade em função dos “ganhos” conceituais em relação a essas temáticas.

3) A maioria dos entrevistados que demonstraram uma não sensibilidade a esse tipo de iniciativa, ou ainda, simplesmente acharam-na improdutiva, eram principalmente de trabalhos referentes à FC. Talvez o motivo disso, e que mereça ser investigado, seja o conflito ao qual esses alunos foram submetidos, ou seja, o confronto que travaram ao tentar encaixar o esquema tradicional de sua formação em disciplinas básicas do curso de graduação com atividades onde seja necessário, a todo momento, discutir os fenômenos, os processos de modelização e ainda vislumbrar uma aplicação didática.

4) No grupo de entrevistados que relataram não ter gostado de desenvolver seus respectivos PT, porque o mesmo não havia ficado a contento, mas que acharam a experiência válida, eram alunos que tinham uma carga de trabalho extra-acadêmico alta, normalmente, pessoas que trabalhavam o dia todo e cursavam as disciplinas somente no período noturno.

5) O grupo que manifestou que “arestas” deveriam ser aparadas para que o PT ficasse satisfatório era composto por graduandos com experiência docente. Tais explicações remontam, de certa maneira, às condições impostas aos professores do EM para a realização de atividades diferenciadas.

Com a captação da impressão dos entrevistados sobre o tipo de atividade proposta na disciplina de Instrumentação para o Ensino de Física B e C, daremos prosseguimento às nossas avaliações, onde buscaremos sempre remeter às respostas aqui expostas, e também evidenciar possíveis divergências entre as conclusões por nós chegadas em contraposição as falas dos entrevistados.

6.3 LICENCIATURA EM FÍSICA: UMA FORMAÇÃO PARA A REALIDADE ESCOLAR

Do que foi exposto até agora, parece que a forma tradicional de ensino para a FMC não está adequada aos objetivos propostos, principalmente por não considerar suas características distintas. Não é adequada, pois parece exigir dos alunos pré-requisitos e conhecimentos que não condizem com a realidade escolar. Não é adequada, pois não consegue trabalhar a quantidade de informação veiculada pelos meios de comunicação ou outras fontes educativas não-formais. Não é adequada por não trazer ao aluno os conhecimentos e instrumentos para reconhecer a presença de FMC no mundo que o cerca, tanto natural quanto nos instrumentos tecnológicos. Em resumo, não cumpre com os objetivos do que se espera em uma Alfabetização Científica.

Mas, sem dúvida cumpre um papel, qual seja, visa dar instrumentos aos graduandos para que eles possam se tornar um especialista. E isto significa principalmente a apresentação de modelos e métodos, e do formalismo adequado para prepará-los para cursos avançados, com temas que ora visam os conceitos fundamentais, ora o instrumental matemático.

Quanto à formação de licenciandos referentes à FMC, apesar dos avanços conseguidos com o desenvolvimento dos PT, isto seria melhor aproveitado caso disciplinas responsáveis pela formação conceitual mais sólida tivessem um outro compromisso, visando principalmente a formação mais ampla do licenciando.

Nas disciplinas que tratam os conteúdos envolvendo FMC, não é difícil a observação de uma tentativa de transformar um curso de FMC, por exemplo, o curso de Estrutura da Matéria em cursos mais específicos como o de MQ, conforme enfatizamos no Capítulo I. Essas tentativas têm como cerne a idéia de se o aluno for apresentado mais cedo aos axiomas e postulados e mais cedo aprender o formalismo da MQ, mais rapidamente ele chegará ao conhecimento necessário. Mas dos resultados obtidos em nossa pesquisa foi notório que tal fato não aconteceu.

Sendo assim, parece que aos licenciandos depõem uma inconsistência estrutural. Na sua formação superior, as disciplinas que visam compor um quadro conceitual sobre FMC seguem um percurso tradicional – velha Mecânica Quântica – Planck, Bohr, Efeito Fotoelétrico, Schrödinger, átomo de hidrogênio, que são um preparativo para um curso mais formal de MQ, que visa fornecer, sobretudo, o instrumental matemático com a resolução da

equação de Schrödinger para modelos solúveis e o desenvolvimento do formalismo para momentos angulares. Embora pareça ser adequado para seus objetivos, a TD implícita nesta proposta tradicional não tem oferecido recursos para preparar o aluno a responder questões como as sugeridas pelos PCN e PCN+, visto que seus objetivos, naturalmente, não são os mesmos.

É necessário enfatizar que, um bom curso tradicional para um bom aluno, dispõe de elementos teórico-matemáticos que também são necessários, porém para outros objetivos, quase sempre preparatórios para o que se deseja de um aluno de pós-graduação em Física.

Essa linha de argumentação nos leva a refletir que não se trata somente de adicionar conteúdos diferentes ou aumentar a carga horária nos cursos de formação, mas sim, tomá-los com objetivos diferentes, o que exige uma TD diferenciada, com problemas e questões diferentes, e com uma escolha mais adequada de instrumentos didáticos e abordagens.

Partes desses problemas poderiam ser minimizados em cursos de Formação Continuada para professores. Por exemplo, no mestrado profissionalizante em Ensino de Física promovido pelo Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande de Sul que tem como público alvo professores de Física em exercício na Educação Básica (Ensinos Fundamental e Médio), três disciplinas, de certa maneira, visam complementar a formação dos professores⁹⁰: Tópicos de Física Moderna e Contemporânea I, Tópicos de Física Moderna e Contemporânea II e Física Moderna e Contemporânea: Teoria e Prática. Porém, apesar da preocupação e empenho, o exemplo do mestrado profissionalizante da UFRGS é restrito e incapaz de atender às crescentes demandas. Como bem concluíram Ostermann e Moreira (2000) no seu artigo:

Parece que há muitas justificativas em favor da atualização curricular e até uma bibliografia que apresenta (não tão aridamente como a literatura especializada) temas modernos. Entretanto, colocar todas estas reflexões na prática da sala de aula é ainda um desafio. Outra questão desafiadora é a escolha de quais tópicos de FMC deveriam ser ensinados nas escolas ou, o que dá no mesmo, de quais temas de FMC deveriam ser objeto de especial atenção na formação de professores de Física com vistas a uma adequada Transposição Didática para o Ensino Médio (OSTERMANN; MOREIRA, 2000).

Mas é importante ressaltar que atividades dessa natureza, ainda que sempre bem vindas, podem trazer certa dependência no professorado, principalmente por se dar em situações didáticas e a-didáticas, ou seja, quando o docente formador mantém uma situação privilegiada em relação ao saber e o estudante que está sendo formado e se especializando ainda mantém uma relação fraca. Nesses momentos há certo afastamento, onde aquele que

⁹⁰ <http://www.if.ufrgs.br/mpef/> : acessado em 10/11/2003

está buscando sua complementação utiliza novas situações sem a indicação explícita, e começa a trilhar em direção a sua autonomia. Nessa retomada das situações, fica claro que é no tempo curto que o professor deve agir, para fazer as escolhas adequadas. E o licenciando precisa ser preparado para isso. A partir dos dados obtidos, temos convicção de que todo o processo que envolveu o desenvolvimento de PT aqui relatados teve esse efeito.

Porém, mais importante do que os resultados obtidos nesse tempo curto, temos uma convicção teórica e de fatos gerais que, mais do que preparar os licenciandos para uma finalidade específica, as atividades propostas com os PT tem gerido condições significativas também em situações não-didáticas, ou seja, no tempo longo da aquisição do conhecimento onde as relações independem do professor.

Mas para isso, como expressamos anteriormente, as mudanças não devem acontecer somente na adição de conteúdos ou aumento de carga horária desta ou daquela disciplina, mas sim uma mudança de postura, pois:

(...) fica claro que insistir no saber sábio como única fonte dos saberes a ensinar pode trazer mais problemas que soluções, principalmente para outras áreas que não sejam a de Ensino da Matemática. Quando o que está em jogo são apenas os conteúdos disciplinares, esses inconvenientes são contornáveis (...) (RICARDO, 2005, p. 166).

É preciso estar atento ao questionamento colocado acima, pois conforme ressalta Ricardo (2005), *a aprendizagem duradoura dos formandos é uma expectativa, pois a posse de recursos cognitivos não garante sua mobilização em novas situações* (p.171).

Talvez por isso, seu regresso na forma de formação continuada e especializações seja tão importante.

6.4 PERSPECTIVAS DE AÇÃO NA ESCOLA BÁSICA.

A abordagem baseada em PT mostrou-se, no caso aqui estudado, como uma situação diferenciada dentro do contexto escolar, pois coloca os licenciandos diante de uma situação desafiadora, que envolve não apenas os conteúdos formais, usualmente presentes nos outros cursos, mas também exige deles atitudes e ações que normalmente não são enfrentadas no ensino tradicional.

Por se tratar de temas realísticos, a abordagem exige que o licenciado utilize os seus conhecimentos ou busque novos conhecimentos, e que os utilize numa situação diferente do binômio teoria-lista de exercícios, normalmente utilizado nos cursos tradicionais. O tratamento destes temas exige ainda dos licenciandos uma elaboração mais profunda dos conceitos anteriormente adquiridos, questionando a sua capacidade de utilizá-los para analisar os fenômenos presentes nos temas. Por exemplo, exige dos alunos que modelizem os fenômenos, vinculando-os às teorias e conhecimentos científicos. Neste embate, a presença de Concepções Alternativas leva-os naturalmente a um conflito com o conhecimento científico.

Por outro lado, os licenciandos também vivenciam, ainda que em uma forma idealizada, o que se passa no universo escolar através da apresentação de mini-cursos, onde foi captado durante as entrevistas por eles concedidas, principalmente pelos entrevistados que já exerciam algum tipo de atividade docente, que as perguntas advindas dos alunos aos quais os mini-cursos eram oferecidos, eram diferentes, e muito mais elaboradas do que as perguntas feitas em sala de aula normalmente.

Mas se os licenciandos-professores são os mesmos e os alunos também, o que mudou? O que foi propiciado aos estudantes do EM para suscitarem perguntas, digamos, mais “venenosas” conceitualmente?

A resposta ao questionamento acima é principalmente a abordagem na qual os eventos se deram, que acabaram por ter impactos diferenciados em relação às temáticas que envolviam conceitos pertencentes à FC ou a FMC.

Mais explicitamente em relação à FMC, trabalhos já indicavam a necessidade de se repensar as atividades desenvolvidas nos cursos de formação inicial.

Há que se repensar a formação dos professores que atuam nas escolas de educação básica. Mais do que conjecturas, a teoria educacional precisa de aplicabilidade, extrapolando a academia (PAULO; MOREIRA, 2004).

Acreditamos que com a reflexão iniciada nesse trabalho, evidenciamos um processo alternativo com resultados expressivos, principalmente naqueles referentes às temáticas mais contemporâneas. Mas antes, é preciso deixar claro que o processo de desenvolvimento dos PT privilegiou aos licenciandos uma instrumentalização conceitual, capacitando-os a pensar diversos temas segundo os mais variados objetivos, ou seja, tanto para reconhecer, por exemplo, elementos de FMC no seu (e no seu futuro aluno) cotidiano, na Tecnologia e na cultura, como para capacitá-lo a direcionar-se (e também seu futuro aluno) para áreas científicas. Isso é o que definimos anteriormente como uma intuição educada.

A elaboração dos mini-cursos também obriga os licenciandos a buscar um maior aprofundamento, inclusive uma resignificação dos conteúdos aprendidos anteriormente. Nesta abordagem, como os conteúdos são tratados de forma mais aberta, ao serem transpostos didaticamente para os estudantes do EM há a necessidade de um trabalho menos formal e mais conceitual, além da utilização de experimentos e demonstrações.

As idéias de que conceitos estruturantes envolvidos em uma temática podem, desde que tratados de forma diferenciada, trazer ganhos para a formação docente já havia sido discutida em outros contextos.

O que propomos é a eleição de alguns conceitos que, na formação dos professores, podem se constituir em balizas ou ancoras, tanto para as aquisições do saber em Ciências Naturais (CN) como para minimizar excessos de fragmentação do pensamento dos estudantes. E também dos professores uma vez que o Ensino de CN, seja de Física, Química ou Biologia, ainda se caracteriza por um conjunto de fragmentos de saberes, que embora associados não são discutidos. Outra demanda social contemporânea, a da articulação entre o conhecimento e os processos tecnológicos, não vem sendo contemplada em escala nas práticas educativas. Nesse contexto, está muito forte o compromisso de trazermos para o universo cultural o conhecimento em C&T restrito a poucos (ANGOTTI, 1993, pp 191-192).

Mas no caso aqui estudado, a diferenciação encontra-se não somente nas escolhas conceitos, mas principalmente no seu desenvolvimento.

Em todo este processo há sem dúvida ganhos de aprendizagem para os alunos-professores (licenciandos), assim com também há ganhos de aprendizagem para os alunos do EM, notados de maneira informal no acompanhamento do pesquisador à apresentação dos PT, principalmente quanto ao tipo de pergunta dirigida aos licenciandos durante os mini-cursos.

Dessa maneira, ainda que não efetuássemos qualquer tipo de coleta de dados com os estudantes do EM, pela observação da apresentação dos mini-cursos temos forte indícios de que houve ganhos conceituais significativos também para os alunos do EM, fruto de uma estruturação fenomenológica, conceitual e metodológica dos licenciando.

Assim, é esperado que a confecção, desenvolvimento e aplicação dos PT nos moldes aos quais eles se deram, podem mudar as perspectivas dos licenciandos depois de formados, como professores de Física, e conseqüentemente devem ter reflexos mais imediatos na escola. Ou como um licenciando descreveu, *as perguntas que os alunos fazem aqui [nos mini-cursos] são muito mais difíceis. (CIL – E6)*. Devemos, no entanto, observar que há uma necessidade de se avaliar de forma mais detalhada esta abordagem em outros níveis escolares.

6.5 QUESTIONAMENTOS GERAIS E PERSPECTIVAS DE CONTINUIDADE

Vários indicativos de perspectivas de continuidades ao presente trabalho já foram colocados durante todo o texto, sempre que achamos pertinente. Mas abrimos essa seção para pontuar de forma mais explícita algumas dessas potencialidades, visto que, acreditamos que esta tese, antes de responder alguma pergunta, principalmente, suscitou várias.

De forma inicial, uma das grandes questões aqui levantadas foi a retomada, sob uma perspectiva cognitivista, do aparente esvaziamento do movimento das Concepções Alternativas na pesquisa em Ensino de Ciências. Ao fazer uma análise sobre questões atuais da Prática de Ensino, Marandino (2003) relata:

Entretanto, segundo Mortimer⁹¹ (1996; 2000), mesmo com a produção significativa realizada pelo movimento das Concepções Alternativas – MCA, esse programa de pesquisa vem demonstrando cada vez mais sinais de esgotamento. Apesar do certo êxito na modificação de algumas dessas idéias dos alunos, parece que passado um certo tempo muitas delas reaparecem, inclusive depois de várias situações de aprendizagem sobre o mesmo aspecto. Essas idéias podem conviver em uma mesma pessoa sendo usada em contextos independentes e não relacionados (MARANDINO, 2003, p. 180).

Talvez o esgotamento a que se refere Mortimer (1996; 2000 *apud* Marandino, 2003, p.180) esteja ligado ao fato das pesquisas sobre Concepções Alternativas se basearem em situações didáticas clássicas, ou como ressalta Sousa et al (2004, p.111), *as situações de sempre*. Nessa questão, um estudo interessante seria investigar, se os licenciandos que passaram pelo desenvolvimento, reelaboração e aplicação dos PT, após algum tempo, tem suas idéias e conceitos modificados, ou retornam a conceitos mais rudimentares.

Assim, parece-nos que a análise das concepções prévias nunca foi feita tomando como ponto importante a situação posta. Isto é, as concepções prévias adquiriram sentido no embate colocado por situações cotidianas, que definiram objetivos e padrões de análise diferenciados, enquanto que as questões e problemas escolares definem uma situação com escopo diferente. Por vezes, isto afasta ou encobre o conflito por não haver reconhecimento, por parte do aluno, de que as duas “situações” pertencem a uma mesma classe. A clareza ou consciência de que as situações pertencem à mesma classe pode ser sinônimo da falta de consciência do campo

⁹¹ Mortimer, E. F. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos? Revista Investigações em Ensino de Ciências, v.1, n.1 abr, 1996
Mortimer, E. F. Linguagem e Formação de Conceitos no Ensino de Ciências. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2000.

epistemológico. Isto poderia, por exemplo, levar ao debate sobre os critérios de demarcação entre o que é científico ou não.

Além do mais, um ensino voltado, sobretudo, para o fornecimento de instrumentos teóricos e métodos para a resolução de uma classe de problemas, considerando implicitamente que estes são requisitos para o preparo do futuro físico, não define de forma clara o seu campo epistemológico, visto que de forma oportunista se apropria de todos, do empirismo ao racionalismo. De qualquer forma, a discussão sobre o campo epistemológico adquire sentido no enfrentamento de situações que levem a sua explicitação. Estas situações deveriam ser reconhecidas como da mesma classe que as situações envolvendo o conteúdo científico, porém isto raramente ocorre.

Outra frente poderia se abrir caso admitíssemos que os professores não estão sendo preparados para tratar de temas e tópicos de FMC dentro dos objetivos apregoados pelos documentos oficiais da Educação Brasileira. Nesse sentido, poderíamos então questionar se os conteúdos de FC, que muitas vezes são apontados como pré-requisitos básicos para o aprendizado da FMC, estão realmente fornecendo esses subsídios.

Neste último questionamento podemos sugerir algum tipo de pesquisa que busque verificar se o Ensino de Física pretende alcançar mais do que aqueles que nela vão se especializar, será esta a melhor maneira? Parece-nos que este modelo de ensino, refletido nos LD, não tem muito sucesso em mostrar que Física é cultura, e com suas implicações tecnológicas e sociais, deve fazer parte do conhecimento básico de todo cidadão.

Há ainda questionamentos mais pontuais e que merecem ser discutidos, por exemplo: O papel da modelização pode enriquecer as situações? Quais os limites educacionais das situações? Se os programas e ementas curriculares impõem determinadas restrições, então qual é a natureza da relação didática? Ou mais especificamente, qual seria o nível de negociação no Ensino de Física de um professor preso ao LD?

A pertinência dos questionamentos acima se deve principalmente ao fato de localizarmos nossa pesquisa tendo como sua gênese o objeto da Física. No contexto da Física, os conteúdos são dispostos e organizados com o intuito de instrumentalizar os alunos, através das Teorias Físicas, a lidarem com uma gama imensa de fenômenos. Através de problemas, tenta-se dar sentido ou sentidos. Mas os esquemas em si carecem de sentido se isolados, ou apenas adquirem uma gama restrita de sentidos, se expostos apenas a um número restrito de situações. E este é um grande problema da formação de professores, pois em um tempo

escasso é preciso fazer escolhas, e aparentemente, as escolhas feitas não têm dado conta de expor os licenciandos a uma ampla variedade de situações.

Outro ponto a ser refletido é que, diferentemente dos esquemas de Vergnaud, as Teorias Físicas constituem-se, por assim dizer (pelo menos em tese) do esquema final, ou seja, aquele que capacita e instrumentaliza o estudante a tratar tudo, e, portanto, é um esquema a ser alcançado e não modificado, pelo menos na fase em que se encontravam os licenciandos em nossa pesquisa. Então, dada uma situação, cabe interpretá-la, pois a interpretação evoca conhecimentos prévios, científicos ou não.

A aparente coerência entre as Teorias Físicas e os ingredientes do esquema de Vergnaud não são puramente ocasionais, visto que a TCC é uma teoria cognitivista extremamente ampla no que diz respeito ao processo de conceitualização, isto é, do desenvolvimento do conhecimento. Mas não podemos nos esquecer que no caso da ciência se tem por traz um “sujeito coletivo” e um tempo histórico de evolução, processamento, amadurecimento e consolidação de um conhecimento, em oposição aos processos que envolvem um sujeito “individual”, na escola, com tempos e objetivos diferenciados.

Nesse sentido, devemos notar que a ênfase de Vergnaud (concernente ao indivíduo) é o processo dinâmico envolvendo a tripla [S, I, R], o que ocorre no processo científico, mas que não ocorre no processo escolar. Por outro lado, o processo dinâmico de Vergnaud diz respeito ao processo do indivíduo cognoscente, que também não é o processo escolar. No processo escolar, as teorias não são construídas e a gênese é raramente discutida. As questões e fenômenos que levaram a formulação teórica são raramente debatidos. Portanto, uma análise interessante seria investigar sob o aporte epistemológico, educacional e cognitivo qual é a diferenciação entre processo científico, processo escolar e processo cognitivo e que pensemos na didática como uma tentativa de, reconhecendo as diferenças, buscar a harmonização dos processos visando auxiliar o processo de aprendizagem no sentido amplo.

Outro aspecto passível e não menos importante de ser investigado é como os LD determinam o conjunto, isto é, o subconjunto (o recorte) de sentidos (e os significados relevantes) através de uma demarcação teórica e/ou problemas. Por exemplo, seria interessante caracterizar os problemas como situações analisando o escopo definido por eles. Isto permitirá separar inclusive os momentos em que as situações desenvolvem sentidos apenas formais, e os que ampliam os sentidos com o enfrentamento dos problemas. Isto fortaleceria a análise que caracteriza a situação escolar com suas restrições. Tal ponto permite ainda analisar o que o Ensino de Física entende como seu objetivo. Aceitando este adjetivo

como o mais importante, pode-se agora pensar em quais são os reais obstáculos ao aprendizado dos alunos. A partir daí também é possível analisar as propostas de ensino baseados em resolução de problemas.

Para o um trabalho mais pragmático, no sentido de sua aplicação literal na escola básica, uma dúvida que carece de esclarecimento e que pode tornar-se um real empecilho ao professor desse nível é definir o que venha a ser um bom tema, e que mereça ser trabalhado. A nosso ver, principalmente, um bom tema deve suscitar perguntas e não uma lista de conceitos. Se admitirmos essa definição, é preciso esclarecer quais são os critérios para a escolha de um tema. Não possuímos no momento uma resposta completa, contudo, baseado no sucesso (ou não) dos PT acompanhados, podemos enunciar que o fator curiosidade, inovações tecnológicas, eventos com impacto social, fenômenos naturais, eventos em foco na mídia (Ex: O salto de Daiane dos Santos) e a ludicidade fazem parte desse grupo.

Do que foi observado e analisado, normalmente na escolha dos temas existiu uma tendência dos licenciandos de optarem por situações diferenciadas. De certa forma, eles sabem o quê da Física está envolvida em cada temática, porém não há muita clareza. Mas para que existam avanços, primordialmente, o tema precisa ser transformado em um problema, para que posteriormente seja transformado em algum objeto de ensino.

É preciso ressaltar ainda que para cada área, a mesma temática pode conter ingredientes diferentes. Um furacão, por exemplo, é um evento. Mas para as Ciências Sociais ele é um fenômeno diferente do fenômeno para a Física, e, portanto, vai exigir ferramentas diferentes. Quando inicialmente alertamos sobre as limitações de cada área e julgamos ser necessário promover alguns “ajustes” na definição de conceito de Vergnaud, estávamos nos referindo principalmente à essa intrincidade de cada área do conhecimento.

Para finalizar aqui em palavras, mas não em idéias, gostaríamos somente de reforçar a riqueza desse tipo de trabalho temático e as potencialidades para serem explorados em outras situações e cenários, o que possibilitaria, dentre outras coisas, uma compreensão da TD e seu papel no processo de modelização e entendimento fenomenológico.

6.6 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Vivemos em um país de contrastes, e talvez por isso, convivemos tranquilamente com notícias divulgadas, por exemplo, que detectam mais de 20 milhões de brasileiros incapazes de ler e escrever. Nesse caso, a maioria dos cidadãos nem chega à escola. Mas mesmo aos que nela chegam, convivem com uma lista, quase interminável, de dificuldades e limitações que carecem urgentemente de soluções das mais variadas fontes. Do poder público, da iniciativa privada, das universidades, enfim, de todos os cidadãos, que devem fazer uma aposta que será através da educação que poderemos reverter os famigerados indicadores sociais e econômicos que afligem a nossa sociedade.

Os problemas da escola são muitos, e atendem por diversos nomes. Até poderíamos categorizá-los, mas isso não vem ao caso. Muitos desses problemas, inclusive, não se limitam à escola, e nada mais são do que reflexos de décadas de descaso geral com a educação.

Mas iniciar as conclusões dessa tese de doutoramento com esses dados chocantes relatando informações, podem parecer, à primeira vista, contraditórios, na verdade tem uma finalidade; deixar claro que apesar dos cânones acadêmicos e das exigências de todo trabalho dessa natureza, sempre estivemos pensando na seguinte questionamento: Como levar algum tipo de contribuição para a melhoria da educação brasileira.

Obviamente que as necessidades da escola não se restringem a um campo específico, portanto, contribuições deverão advir das mais diversas áreas do conhecimento. De qualquer forma, são problemas profundos e que comprometem todo o futuro da nação.

Nossa contribuição mais ampla foi suscitar o papel da Física como elemento da cultura contemporânea, e de como esse tipo de visão é fundamental para a formação básica de qualquer cidadão, seja ele um futuro doutor em Física, um médico ou um operário da indústria, enfim, é um conhecimento construído a duras penas e merece ser compartilhado.

Nesse sentido, acordados com estudos que focalizam na formação inicial o local mais propício para se alcançar o universo escolar, tomamos como premissa que, para atingir nossos objetivos e ampliar o seu alcance, nada mais sensato do que voltar nosso olhar aos professores em formação, principalmente por acreditarmos que respostas mais imediatas deverão se dar através deles e de seu respectivo trabalho na escola básica.

Vários estudos têm mostrado que para haver mudanças significativas na escola, no que se refere ao Ensino de Física/Ciências, dever-se-á primeiramente promover mudanças na

formação desses futuros professores, já iniciada no âmbito legislativo, mas ainda sem reflexos muito significativos na escola.

Dentre as mudanças pretendidas, a necessidade de uma aproximação maior do futuro professor do seu ambiente de trabalho conjuntamente com a diminuição de lacunas entre as diversas disciplinas de sua formação é um imperativo, a fim de propiciar uma visão mais integral, seja da Física como Ciência ou como elemento cultural da sociedade contemporânea.

Piconez⁹² (2001) então defende que a Prática de Ensino tem uma especificidade em relação à didática e, não sendo tarefa exclusiva dessa área, deve estar em interação com o projeto pedagógico do curso, estando com isso articulado aos demais componentes dele (p. 171) (...) [os professores] devem ser formados também de maneira a se apropriar da produção de conhecimentos, tanto do campo pedagógico, quanto daqueles específicos, e das possíveis articulações entre eles. As diferentes disciplinas que compõem a matriz curricular das Licenciaturas em Ciências devem garantir de forma teórica e prática o acesso a esses conhecimentos (MARANDINO, 2003, p. 179).

O aprofundamento e a integração necessários também são compartilhados por Longuini e Nardi (2003), que dão indícios por onde esse caminho pode ser trilhado.

Um dos aspectos pesquisados, e que deve ser uma constante nos cursos de formação inicial, é a integração entre os conhecimentos específicos e os pedagógicos. A atividade de planejar e, posteriormente, aplicar em sala de aula atividades de ensino, mostrou-se como um caminho que pode auxiliar os professores em formação inicial a ampliarem e melhorarem seu nível de conhecimento dos conteúdos específicos, uma vez que grande parte dos licenciandos sai das universidades com deficiências nos próprios conteúdos que terá que ensinar (LONGUINI; NARDI, 2003, p.7).

Os autores, ao citarem outros pesquisadores, enfatizam ainda que será principalmente no exercício de sua função, que os professores irão reconhecer as suas deficiências quando do confronto com situações de sala de aula.

Esse processo vivido pelos futuros professores é o que apontam GROSSMAN et al. (1989) por meio de uma pesquisa realizada com docentes novatos. Os autores indicam que muitas das deficiências eram supridas no próprio processo de ensino, ou seja, aprendiam enquanto preparavam aula. Os autores afirmam que os professores só irão reconhecer suas deficiências em relação ao conteúdo quando se defrontarem com situações de sala de aula, como ocorreu com alguns licenciandos durante a aplicação dos planos de ensino (LONGUINI; NARDI, 2003, p. 5).

Mas nesse caso talvez seja tarde demais, pois retornar o professor em cursos de capacitação e aprimoramento tem se mostrado através de iniciativas muito tímidas e regionalizadas, algumas vezes ineficaz, principalmente em um país de dimensões continentais como o nosso.

Diante desse quadro, concordamos com iniciativas que advogam que é na formação inicial que deve se dar esse enfrentamento, ou seja, licenciandos colocados o mais próximo da

⁹² Piconez, S. C. B. A Prática de Ensino e o estágio Supervisionado: a aproximação da realidade escolar e a prática da reflexão. In: Piconez, S. C. B. A Prática de Ensino e o estágio supervisionado. Campinas: Papirus, 1991, p.15-38

escola e das suas funções, para que ainda haja tempo hábil e útil para suplantar as deficiências que certamente irão aparecer.

Mas articular as diversas disciplinas, cada uma com os mais variados objetivos em um curso para formar professores não é uma tarefa muito simples, fato que tem gerado um atraso aceitável para que IES adaptem-se a um novo cenário. Contudo, é esperado que já nessas primeiras mudanças existam respostas mínimas para conhecimentos que por décadas foram desprezados na formação de professores. A palavra desprezada não significa necessariamente somente em termos de carga horária, mas, principalmente, em termos de objetivos. Dentre elas, e como ressalta Delizoicov (2000), a FMC, que tem urgência em ser revista.

Penso que é necessário estar presente no currículo de formação os conhecimentos da Física Contemporânea, para além dos da Física Clássica (...) Creio que eles são fundamentais não só porque fazem parte da Física e do seu processo de produção, mas também, e sobretudo, porque são a base para a compreensão de muito com o que convivemos neste período de mudança de milênio (DELIZOICOV, 2000, p. 74)

Baseado nas palavras de Delizoicov (2000) complementamos que esta inserção ou a atenção mais direcionada para essa temática deve se dar de forma diferenciada, conforme foi defendida durante todo este trabalho, pois a FMC ditada pelos preceitos de uma formação ampla e sólida, e ao mesmo tempo específica para as funções aos quais os licenciados em Física devem exercer após a sua formação, não pode ser axiomática, portanto não pode ser tratada da mesma maneira.

Dados provenientes de estudos relativos à FMC nos indicam que não há uma sequência, didática ou conceitual, nas disciplinas que se dedicam ao estudo conceitual desses assuntos, assim como em disciplinas relativas à FC isso também acontece, só que acaba por ser dissimulada pela longa tradição.

Se agruparmos o fato de licenciandos terem uma carga teórica e experimental ínfima em relação à FMC, os objetos da FMC possuírem um estrutura diferenciada e que exige perguntas diferenciadas, a desarticulação entre disciplinas específicas e didáticas, temos um cenário particularmente tenebroso.

Mas apesar desse quadro aparentemente pessimista, os resultados que obtivemos nesse trabalho de tese propiciaram um grande “alívio”, para não dizer uma grata satisfação no que tange as intempéries acima apresentadas. Primeiro por abrir um caminho de possibilidades, tanto em termos práticos quanto de pesquisa, mas principalmente por vislumbrarmos uma real possibilidade de atingir aqueles que clamam por alternativas, e que estão na base de constituição, atual e futura, de nossa sociedade: os alunos e professores da escola básica.

A partir da análise aqui realizada é possível afirmar que para a maioria de licenciandos que participaram da produção e/ou reestruturação dos PT nas disciplinas de INSPE B e C do curso de licenciatura de Física da UFSC, houve ganhos significativos, tanto em relação a apreensão de conceitos envolvidos nos PT quanto ao processo de ensino em si, didático e metodológico. Os resultados mais explícitos se deram na disciplina de INSPE C, onde os licenciandos fazem a apresentação de seus PT através de mini-cursos para alunos do EM. Talvez pelo fato desses mesmos licenciandos já terem feito um outro PT no semestre anterior em INSPE B conjuntamente pela imposição da disciplina de se exporem aos alunos do EM em uma situação muito próxima da que provavelmente se encontrarão após se graduarem.

Os ganhos principalmente de ordem conceitual foram obtidos através de comparativos entre os licenciandos, em diferentes momentos, ao longo do processo de desenvolvimento dos PT, e também, no comparativo entre licenciandos e bacharelados, tanto em questionamentos específicos relativos às temáticas tratadas nos PT, quanto em questionamentos teóricos mais gerais. Contudo, é preciso ressaltar que, geralmente os licenciandos quando foram questionados sobre temas que exigiam uma extrapolação conceitual, ainda que mínima, os resultados apresentados apesar de serem positivos mostram avanços muito lentos. Atribuímos esse fato a duas condições. 1) Segundo Vergnaud (1990), o domínio de um CC se dá ao longo de muito tempo, assim, um semestre é um tempo exíguo para significarem, acomodarem e ressignificarem os conceitos ali trabalhados. 2) Serem colocados em uma situação que rompe de forma brutal com grande parte de sua formação, básica e superior.

Os melhores resultados foram obtidos com licenciandos que trabalharam com temáticas relativas à FMC, tanto conceitualmente quanto no sentido de dar uma maior organicidade aos conceitos, ainda que os referidos PT pudessem tratar a FMC de forma introdutória.. As evidências foram mais claras quando do comparativo com bacharelados, cuja carga horária em relação a esses assuntos é maior. Atribuímos esse fato principalmente à quase “novidade” da FMC na formação, ou seja, pelo fato de praticamente entrarem em contato com essa temática já em um contexto diferenciado.

Apesar disso, os licenciandos, em sua maioria, fizeram menção a sua preferência de não continuar trabalhando em temáticas relativas à FMC, sempre que isso fosse possível. Tal fato ficou evidente nas entrevistas com licenciandos ao início de INSPE C. Acreditamos que esse fato pode ter duas raízes, e que precisam ser investigadas. 1) Os Licenciandos estavam vendo esses assuntos efetivamente pela primeira vez e carregavam as dificuldades em elaborar PT relativos à FMC em INSPE B. 2) Os Licenciandos não possuíam nenhuma

referência enquanto alunos do EM de atividades, quaisquer que sejam, sobre FMC nesse nível de escolaridade.

Através do acompanhamento junto aos alunos e professores do conjunto de disciplinas de INSPE, é possível aferir qualitativamente que os licenciandos mostraram também um amadurecimento didático-metodológico, conjuntamente com uma maior organicidade entre os conceitos, além do refinamento teórico em prol de uma visão mais crítica da Física como Ciência e como objeto fruto de uma TD para os diversos níveis escolares.

Um outro fator, que embora não tenhamos mencionado ou analisado em capítulos anteriores, mas que contribuiu para a ampliação do conhecimento dos licenciandos, e que acabou por ser uma tônica entre os entrevistados, foram as discussões ocorridas entre eles durante o processo de elaboração das aulas acerca do tema. Muitos deles inclusive são explícitos ao afirmarem que os colegas tiveram, em vários momentos, um papel mais fundamental do que os professores da disciplina. Como declarou um dos entrevistados:

(...) em todo grupo acho que tinha um 'chato'. No nosso tinha dois, que não deixava a gente avançar e ficava sempre colocando empecilhos. (...) As aulas rendiam quando eles [nome dos alunos suprimidos] não apareciam, ou então quando um só deles ia, porque quando estavam juntos era um 'Deus nos acuda'. Eles só ficavam brigando para ver o que colocar e o que tirar [relativo ao conteúdo] do projeto. Os caras ficavam discutindo nota de rodapé do Tipler. (...) A parte boa era que também eles não deixavam passar nada. (...) No final das contas, acho que na briga dos dois muita gente ali aprendeu um monte de coisa, que normalmente tu fica com medo de falar quando está com o professor. (WSS – E4)

Acreditamos que tal fato tenha sido realmente significativo para os licenciandos, pois durante o processo de desenvolvimento das atividades, dúvidas, dificuldades e visões ingênuas, vinham à tona através da troca de idéias com os pares e, possivelmente, elas foram sendo 'refinadas' e aproximadas da concepção científica atual. Houve momentos, inclusive, em que estas discussões se estenderam até mesmo após a aplicação final dos mini-cursos, pois provavelmente, muitos aspectos do tema permaneciam ainda presos à idéias alternativas.

Durante todo o período em que foi acompanhado a confecção e aplicação dos PT, muitas inferências feitas pelos professores durante as aulas foram incorporadas pelos licenciandos, contudo, não temos condições de afirmar aqui que se tratou de uma incorporação de idéias ou simplesmente de termos, que inclusive foram amplamente utilizados no processo de entrevistas.

Depois de uma análise mais geral, é possível inferir também que a realização das atividades concernentes ao grupo de disciplinas de INSPE oferece elementos de rupturas com o Contrato Didático, o que é perfeitamente compreensível, visto que, os licenciandos são, em

última instância, alunos sendo preparados para ser professores. Contudo é uma situação ambígua, pois apesar de se posicionar como professores durante a apresentação dos mini-cursos, essa é uma condição fraca, pois eles estão muito mais em uma condição onde são avaliados, do que a função de avaliadores que deveriam assumir enquanto professores. Não temos mais elementos para ir além dessa inferência, mas fica aqui o registro de que uma compreensão mais ampla desses aspectos, agregado ao fator determinante dos colegas no exercício da crítica, pode ajudar em uma compreensão mais ampla dos elementos de uma relação didática muito particular.

Mas, mais importante do que os ganhos em termos conceituais e metodológicos, foi notório durante todo o processo de acompanhamento, uma ampliação da idéia de educação no seu sentido mais amplo, onde perguntas “o quê ensinar?”, “ensinar para quê?”, “ensinar para quem?”, se apresentaram na forma de uma auto-avaliação pelos licenciandos entrevistados.

Nesse sentido, temos fortes argumentos de que atividades como essas precisam ser ampliadas, visto que, se tiveram um efeito positivo junto aos licenciandos de Física, também podem colaborar em outras áreas. Mas conforme já afirmamos anteriormente, adaptações precisam ser feitas em função dos objetivos e do objeto.

De possíveis reflexos nos estudantes do EM, acreditamos que impactos maiores devam ser notados, porém, não nos compete aqui emitir qualquer conclusão, já que não temos dados sobre isso. Ainda assim, se tomarmos Vergnaud (1999), podemos extrair elementos teóricos que justifiquem nossa sugestão, pois segundo esse autor, as transformações são menos visíveis e mais lentas em adultos, no nosso caso, os licenciandos (p.208).

Ainda assim, o fato de licenciandos terem realizado esse tipo de atividade de forma coordenada e com o devido suporte, acaba por fornecer-lhes modelos, idéias e exemplares, mas que devem ser exercitados, readaptados e modificados, para que não se cristalizem e se tornem atemporalizados.

O desenvolvimento das competências diz respeito a toda a vida e baseia-se em três fontes principais: a formação inicial, a experiência, a formação contínua. A experiência é incontornável: não se domina um campo de atividade e não é possível tornar-se especialista sem experiência direta dessa atividade. Mas a formação inicial fornece meios importantes para tirar o melhor proveito da experiência, interpretá-la, e traduzir em forma predicativa a forma operatória do conhecimento oriundo da experiência (VERGNAUD, 1999, p.220).

Fica aqui a sugestão de que a ampliação desse tipo de atividade em outros momentos da formação inicial de professores de Física e/ou da articulação sistemática com as diversas

disciplinas dos cursos de licenciatura tende a trazer resultados mais expressivos, e consequentemente, mais efetividade de ações na escola básica.

Em uma condição ideal, poder-se-ia falar no aumento do tempo de formação, mas, para estarmos minimamente condizentes com o cenário atual, onde as altas demandas não permitem cursos de formação inicial de seis anos ou mais, o que também não seria a garantia de sucesso, entendemos que a articulação entre disciplinas específicas e disciplinas contextuais pode inicialmente atender à urgência em abrir espaços para que se comece a modificar os calamitosos índices da educação científica e tecnológica básica no Brasil.

E é justamente nesse sentido que gostaríamos de deixar claro que não se trata de criar uma disciplina nova nos cursos de licenciatura chamada Instrumentação para o Ensino de Física, Metodologia de Ensino de Física, Prática de Ensino de Física ou qualquer outra variação que a criatividade possa exercitar. Na verdade, o que realmente é necessário é uma mudança de postura quanto ao enfrentamento das atividades de ensino, ainda mais quando se trata da formação de futuros professores, mudança essa que pode privilegiar um entendimento mais amplo da Física como conhecimento científico socialmente construído e, frente à Física como objeto de ensino e parte da cultura da uma sociedade tão fortemente ligada a ela.

Não obstante, novas frentes estão se abrindo, formalizadas através de cursos de licenciatura em Física nas modalidades a distância e semi-presenciais, e que, como qualquer variável nova na complexidade do sistema educacional, merece ser investigada sob as mais variadas perspectivas. Como seria transpor para, por exemplo, cursos de licenciatura a distância, atividades como as realizadas presencialmente no conjunto de disciplinas aqui analisado? Nesse tipo de atividade, a presença do professor tem um papel tão importante quanto proclamam as correntes contrárias à implantação desse tipo de modalidade?

Obviamente que não temos respostas para essas e muitas outras perguntas, ainda sim, acreditamos que em qualquer processo no qual o Ensino de Física seja o cerne, seja ele presencial, semi-presencial ou a distância, o que deve ser primordial é evidenciar que o fenômeno nada mais é que um objeto que gere perguntas, e que não simplesmente a ele sejam buscadas respostas; modelizar é justamente aproximar os fenômenos dos conceitos. Nesse sentido, ensinar o processo de modelização, o qual foi evidenciado nas atividades de confecção dos PT, é justamente ajudar os alunos a fazer a ponte entre a natureza e o entendimento que dela buscamos. E parafraseando nossa epígrafe, nós estudamos a natureza porque ela é bela, pois se não fosse, ela não mereceria o imenso esforço despendido pela humanidade em compreendê-la.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, P E. ; KROCKOVER, G. H. Beginning science teacher cognition and its origins in the preservice secondary science teacher program. **Journal of Research in Science Teaching**, Maryland, v. 34, n. 6, p. 633-653, mar. 1997.

ALVETTI, M. A. S. ; DELIZOICOV, D. Ensino de Física Moderna e Contemporânea e a Revista Ciência hoje. In: ENCONTRO DE PESQUISADORES EM ENSINO DE FÍSICA, 6, 1998, Florianópolis. **Atas...** Florianópolis: SBF, 1998. p. 232-234.

ALVETTI, M. A. S. **Ensino de Física Moderna e Contemporânea e a Revista Ciência Hoje**. 1999. Dissertação (Mestrado em Educação). Programa de Pós-Graduação em Educação – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

ANDRÉ, M. ; SIMÕES, R.H.S ; CARVALHO, J.M. ; BRZZEZINSKI, I. Estado da arte da formação de professores no Brasil. **Educação & Sociedade**, Campinas, v.20, n. 68, p. 301-309, dez, 1999.

ANDRÉS. M. M. ; PESA, M. A. Conceptos-en-Acción y Teoremas-en-Acción en un Trabajo de Laboratorio de Física. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Bauru, v. 4, n.1, p. 59-75, abril. 2004.

ANGOTTI, J. A. P. **Fragmentos e Totalidades no conhecimento científico e no Ensino de Ciências**. 1991. 206f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo. 1991.

ANGOTTI, J. A. P. Conceitos Unificadores e Ensino de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 15, 1993.

ANGOTTI, J. A. P. ; AUTH, M. A. Ciência e Tecnologia: implicações sociais e o papel da Educação e Ciências. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 7, n. 1, p. 13-27, 2001.

ARONS, A. B. **A guide to introductory physics teaching**. New York: John Wiley, 1990.

ARRUDA, S. M. ; VILLANI, A. Inserção da Física Moderna no 2º grau: Problemas e Perspectivas. In: ENCONTRO DE PESQUISADORES EM ENSINO DE FÍSICA, 6, 1998, Florianópolis. **Atas...** Florianópolis: SBF, 1998.

ASTOLFI, J. P. El aprendizaje de conceptos científicos: aspectos epistemológicos, cognitivos y lingüísticos. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 6, n. 2, p. 147-155, 1988.

ASTOLFI, J. P. Los obstáculos para el aprendizaje de conceptos en ciencias: la forma de franquearlos didácticamente. In: **Diez años de investigación e innovación en enseñanza de las ciencias**. PALÁCIOS, C.; ANSOLEAGA, D.; AJO, A. (eds.). Madrid: CIDE, 1993.

ASTOLFI, J. P. El trabajo didáctico de los obstáculos, en el corazón de los aprendizajes científicos. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 12, n. 2, p. 206-216, 1994.

ASTOLFI, J. P. **L'école pour apprendre**. Paris: ESF editeur, 1995, 205 p.

ASTOLFI, J. P.; DAROT, E.; GINSBURGER-VOGEL, Y.; TOUSSANT, J. **Mots-clés de la didactique des sciences**. 1. ed. Bruxele/Bélgica: Pratiques Pédagogies de Boeck & Larcier S.A, 1997, 193 p.

AUTH, M. ; ANGOTTI, J. A. P. O processo de ensino-aprendizagem com aporte no desenvolvimento histórico de universais: a Temática das Combustões. In: **Ensino de Física: Conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora**. Mauricio Pietrocola (org.). Ed. da UFSC - Florianópolis, 2001, 236 p.

AZEVEDO, F. **A cultura brasileira**. 6.ed. Brasília/Rio de Janeiro: Editora Unb/Editora UFRJ, 1996.

BARTHEM, R. **A luz**. 1. ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2005. 128 p.

BORGES, A. T. Como evoluem os Modelos Mentais. **Ensaio**, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p. 85-125, 1999.

BORN, M. **Sobre o significado das Teorias Físicas**, extraído de Max Born – Physics in my generation – p.13-30, palestra proferida em 1928, trad. O. Freire Jr. (mimeo)

BRASIL, **Lei nº 9.394**, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Poder Executivo, Brasília, DF, v.134, n.248, p.27833-41, 23 de dezembro de 1996. Seção 1, Lei Darcy Ribeiro.

BRASIL, Ministério da Educação, Secretaria da Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Brasília: Ministério da Educação, 1999, 360p.

BRASIL, Ministério da Educação, INEP, **Matrizes Curriculares de Referência para o SAEB**. Brasília: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais, 2001.

BRASIL, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC, SEMTEC, 2002, 144p.

BRASIL, Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, Departamento de Políticas de Ensino Médio. **Orientações Curriculares do Ensino Médio**. Brasília: MEC, SEB, 2004, 400p.

BRAZ JR, D. **Tópicos de Física Moderna**. 1. ed. São Paulo: Companhia da Escola, 2002, 118 p.

BROCKINGTON, G. ; PIETROCOLA, M . Serão as regras da Transposição Didática aplicáveis aos conceitos de Física Moderna?. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 9., 2004, Jaboticatubas. **Atas...** Jaboticatubas: SBF, 2004. 1CD.

BROUSSEAU, G. Fondements et méthodes de la didactique des mathématiques. **Recherches en Didactique des Mathématiques**, Lousanne, v. 7, n. 2, p. 45-143, 1986.

BUCKLEY, B. C. ; BOULTER, C. Investigating the role of representations and expressed models including mental models. In: **Developing models in science education**. GILBERT, J. K. ; BOULTER, C.J. (eds). Dordrecht: Kluwer, 2000.

BUNGE, M. **Teoria e Realidade**. São Paulo: Perspectiva, 1974.

CAILLOT, Michel. La théorie de la transposition didactique est-elle transposable? In: **Au-delà des didactiques, le didactique: débats autour de concepts fédérateurs**. RAISKY, Claude; CAILLOT, Michel (éds). De Boeck & Larcier S.A: Bruxelles, 1996.

CAMARGO, S. ; NARDI, R. Formação de Professores de Física: os Estágios Supervisionados como fonte de pesquisa sobre a Prática de Ensino. **Revista Brasileira de Pesquisa em Ensino de Ciências**, Bauru, v. 3, n. 3, p. 34-55, dez. 2003.

CAMPANARIO, J. M. ; OTERO, J. Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje: las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos de ciencias. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 18, n. 2, 2000.

CANATO, O. **Texto e contexto para o Ensino de Física Moderna e Contemporânea na Escola Média**. 2003. 109f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) - Instituto de Física, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

CARVALHO, A. M. P. Reformas nas Licenciaturas: a necessidade de uma mudança de paradigma mais do que de mudança curricular. **Em Aberto**, Brasília, v.11, n. 54, p. 51-63, abr/jun, 1992.

CARVALHO, A. M. P. A influência da mudança da legislação na formação de professores: as 300 horas de estágio supervisionado. **Ciência e Educação**, Bauru, v. 7, n. 1, p. 113-122, 2001.

CARVALHO, R. P. **Microondas**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2005.

CHEVALLARD, Y. **La Transposición Didáctica: del saber sabio al saber enseñado**. Traducción: Claudia Gilman. Argentina: AIQUE, 1991a. 196 p.

CHEVALLARD, Y. **La transposition didactique – du savoir savant au savoir enseigné**. 1.ed. Grenoble: La Pensee Sauvage Éditions, 1991b, 240 p.

CHIQUETO, M.; VALENTIM, B. ; PAGLIARI, E. **Aprendendo Física**. 1. ed, v. 3. São Paulo: Scipione, 1996. 374 p.

COHEN-TANNOUDI, C. ; DIU, B. ; LALOË, F. **Mecanique Quantique**. 1. ed. Paris: Ed. Hermman, 1977, 890 p.

COLOMBO DE CUDMANI, L. ; CUDMANI, C. Física básica: incidencia de la instrucción sobre los errores conceptuales. **Enseñanza de las Ciências**, Barcelona, v. 6, n. 2, p. 156-160, 1988.

COSTA, I. ; SANTOS, M. A FMC na escola média: uma estratégia de mudança na prática docente. In: EPEF, 6, 1998, Florianópolis. **Atas...** Florianópolis: SBF 1998.

COSTA, S. S. C. ; MOREIRA, M. A. . Identificação de conhecimentos em ação no Ensino de Física. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 4., 2003, Bauru. **Atas...** Bauru: ABRAPEC, 2003.

CUSTÓDIO, J. F. **Princípios de conservação e construção de modelos por estudantes do Ensino Médio**. 2002. 113f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

CUSTÓDIO, J. F. ; PIETROCOLA, M. Princípio de Conservação e construção de modelos por estudantes do Ensino Médio. In: ENCONTRO DE PESQUISADORES EM ENSINO DE FÍSICA, 8, 2002, Águas de Lindóia. **Atas...** Águas de Lindóia: SBF, 2002. 1 CD.

DELIZOICOV, D. **Conhecimento, Tensões e Transições**. 1991. 214f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991.

DELIZOICOV, D. Formação Inicial do Professor de Física. **Educação em foco**, Juiz de Fora, v. 5, n. 1, p. 73-84, 2000.

DELIZOICOV, D. Problemas e problematizações. In: **Ensino de Física: Conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora**. Mauricio Pietrocola (org.). Ed. da UFSC - Florianópolis, 2001, 236 p.

DELIZOICOV, D. Pesquisa em Ensino de Ciências como Ciências humanas aplicadas. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 19, n. 1, 2004.

DELIZOICOV, D. ; ANGOTTI, J. A. P.; PERNAMBUCO, M. **Ensino de Ciência: Fundamentos e Métodos**. 1. ed. São Paulo: Editora Cortez, 2002, 364 p.

DUIT, R. Research on student's conceptions – developments and trends. Third International Seminar on Misconceptions and educational strategies in science and mathematics. In: **Proceedings of...** Ithaca: Cornell University, 1993.

EISBERG, R. ; RESNICK, R. **Física Quântica – Átomos, Moléculas, Sólidos, Núcleos e Partículas**. Rio de Janeiro: Editora Campos, 1994.

ESCUADERO, C. ; MOREIRA, M. A. Resolución de problemas de cinemática en nivel medio: estudio de algunas representaciones. **Revista Brasileira de Pesquisa Em Educação Em Ciências**, Porto Alegre, v. 2, n. 3, p. 5-25, 2002.

ESCUADERO, C. ; CABALLERO, M. C. En Busca de significado para la noción de aceleración en un aula de nivel medio: Análise del discurso de alumnos Y professor. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Bauru, v. 4, n. 3, dez. 2004.

FEYNMAN, R.P. ; LEIGHTON, R.B.; SANDS, M. commemorative Issue, v. 1 **The Feynman lectures on physics**. Redwood City - CA: Addison-Wesley Co., 1989.

FISCHLER, H. ; LICHTFELDT, M. Modern physics and student's conception. **Internacional Journal of Science Education**, London, v. 14, n. 2, 1992.

FREIRE JUNIOR, O. ; CARVALHO NETO, R. A. **O Universo dos Quanta: Uma breve História da Física Moderna**. 1. ed. São Paulo: Editora FTD, 1997. 95 p.

GASPAR, A. **Física**. 1. ed., v. 3. São Paulo: Editora Ática, 2000. 448 p.

GIL, D. ; SOLBES, J. The introduction of modern physics overcoming a deformed vision of science. **International Journal of Science Education**, London, v. 15, n. 3, p. 255-260, 1993.

GIL, D; SENNET, F; SOLBES, J. La introducción a la Física Moderna: un ejemplo paradigmático de cambio conceptual. **Enseñanza da las Ciências**, Barcelona, v. extra, p.209-201, 1987.

GILBERT, J. K. ; BOULTER, C. L. Aprendendo Ciências através de Modelos e Modelagens. In: **Modelos e Educação em Ciências**. Colinvaux, D. (org). Ravel- Rio de Janeiro, 1998, p.12-34.

GILBERT, J. K. ; PIETROCOLA, M.; ZYLBERSZTAJN, A; FRANCO, C. Science education: notion of reality, theory and model. In: **Developing models in science education**. GILBERT, J. K. ; BOULTER, C.J. (eds). Dordrecht: Kluwer, 2000.

GRECA, I. M. **Construindo significados em Mecânica Quântica: resultados de uma proposta didática aplicada a estudantes de Física Geral** 2000. 284f. Tese (Doutorado em Ciências) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

GRECA, I. M. ; HERSCOVITZ, V. E. Mecânica Quântica para não físicos: avaliação de uma proposta didática. In: ENCONTRO DE PESQUISADORES EM ENSINO DE FÍSICA, 7., 2000, Florianópolis. **Atas...** Florianópolis: SBF, 2000. 1CD.

GRECA, I. M. ; MOREIRA, M. A. Além da detecção de Modelos Mentais dos estudantes. Uma proposta representacional integradora. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 7, n. 1, março. 2002.

GREUEL, M. V. O problema da fundamentação do conhecimento. Uma Abordagem Fenomenológica. **Mimeo**, DLLE, CCE, UFSC, 1996.

GRUPO DE REELABORAÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA (GREF). São Paulo: Editora da USP, v.1, **Mecânica**, 1993.

GRUPO DE REELABORAÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA (GREF). São Paulo: Editora da USP, v.2, **Física térmica e óptica**, 1993.

GRUPO DE REELABORAÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA (GREF). São Paulo: Editora da USP, v.3, **Eletromagnetismo**, 1995.

HALLIDAY, D. ; RESNICK, R.; MERRILL, J. **Fundamentos da Física 1 – Mecânica**. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora LTC, 1991. 300 p.

HALLOUN, I. A. ; HESTENES, D. Common sense concepts about motion. **American Association of Physics Teachers**, p. 1056-1065, 1985.

HALLOUN, I. A. Schematic Modeling for Meaningful Learning for Physics. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 33, n. 9, p.1-26, 1996.

HEMPEL, C. G. Explicação científica. In: **Filosofia da Ciência**. Morgenbesser, S. (org), Cultrix - São Paulo, 1979.

HESTENES, D. ; WELLS, M. ; SWACKHAMMER G. Force concept inventory. **The Physics Teacher**, v. 30, p. 141-158, mar, 1992.

HESTENES, D. Modeling is the name of the game. **Proceedings** of NSF Modeling Conference, 1993.

HESTENES, D. Modeling methodology for physics teachers. **Proceedings** of the International Conference on Undergraduate Physics Education – College Park, 1996.

HESTENES, D. Toward a modeling theory of physics instruction. **American Journal of Physics**, v. 55, n. 5, p. 440-454, may. 1987.

HOURCADE, J. L. García; AVILA, C. Rodríguez. Ideas previas, esquemas alternativos, cambio conceptual y el trabajo en el aula. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 6, n. 2, 1988.

JOHSUA, S. ; DUPIN, J. **Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques**. 1. ed. Paris: Presses Universitaires de France, 1993, 422 p.

JOHSUA, S. Le concept de contrat didactique et l'approche vygotkienne. In: **au-delà des didactiques, le didactique: débats autour de concepts fédérateurs**. RAISKY, C.; CAILLOT, M. (eds.). France: De Boeck Université, 1996.

JONNAERT, P. Dévolution *versus* contre-devolution! Um tandem incontournable pour le contrat didactique. In: **Au-delà des didactiques, le didactique: débats autour de concepts fédérateurs**. RAISKY, C.; CAILLOT, M. (eds.). France: De Boeck Université, 1996.

KALMUS, P. I. Particle physics at A-level-the universities' viewpoint. **Physics Education**, Bristol, v. 27, n. 2, p. 62-64, mar. 1992.

KRAPAS, S.; QUEIRÓZ, G.; COLINVAUX, D.; FRANCO, C.; ALVES, F. Modelos: uma análise de sentidos na literatura de pesquisa em Ensino de Ciências. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 2, n. 3, paginação eletrônica, 1997. Disponível em:<<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>>

KUHN, T. S. **A estrutura das revoluções científicas**. São Paulo: Perspectiva, 1975.

LARKIN, J. K. The role of problem representation in physics. In: **Mental models**. GENTNER, D.; STEVENS, A. L. (eds). Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates, 1983.

LONGUINI, M. D. ; NARDI, R. Formação inicial de professores – uma estratégia envolvendo a Prática de Ensino de Física. In: ESCOLA DE VERÃO PARA PROFESSORES DE PRÁTICA DE ENSINO DE BIOLOGIA, FÍSICA, QUÍMICA E ÁREAS AFINS, 6., 2003, Niterói. **Atas....** Niterói, 2003.

LOPES, J. P. **Fragmantações e Aproximações entre Matemática e Física no Contexto Escolar: Problematizando o Conceito de Função Afim.** 2004. 205f. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica) – Centro de Ciências Físicas e Matemáticas, Centro de Ciência da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

LÜDKE, M. ; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas.** São Paulo: EPU, 1986.

MARANDINO, M. A Prática de Ensino nas Licenciaturas e a Pesquisa em Ensino de Ciências: questões atuais. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física.**, Florianópolis, v. 20, n. 2, p. 168-193, ago, 2003.

MARTINAND, J. L. Enseñanza y aprendizaje de la modelización. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 4, n. 1, p. 45-50, 1986.

MARTINS, R. Como Becquerel não descobriu a Radioatividade. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 7, p. 27-45, ed. especial, 1990.

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

MEDEIROS, A. ; BEZERRA, S. A Natureza da Ciência e a Instrumentação para o Ensino de Física. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 6, n. 2, p. 107-117, 2000.

MENEZES, L. C. Uma Física para o novo Ensino Médio. **Revista Física na Escola**, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 6-8, out. 2000.

MENEZES, L. C. **A matéria: uma aventura do espírito – Fundamentos e Fronteiras do conhecimento físico.** São Paulo: Editora livraria da Física, 2005.

MINTZES, J. J.; WANDERSEE, J. H. ; NOVAK, J. D. **Ensinando Ciências para a compreensão – uma visão construtivista.** Tradução de Rita Clemente Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 2000.

MONTENEGRO, R. L. ; PESSOA JR. O. Interpretações da Teoria Quântica e as concepções dos alunos do curso de física. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 7, n. 2, 2002.

MOREIRA M. A. ; MASINI E. F. S. **Aprendizagem Significativa: a Teoria de David Ausubel.** São Paulo: Ed. Moraes, 1982. 112 p.

MOREIRA M. A. Modelos Mentais. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 1, n. 3, p. 205-230, 1996.

MOREIRA M. A. A Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud, o Ensino de Ciências e a pesquisa nesta área. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, V. 7, n. 1, p. 7-30, 2002.

MOTA, L. M. **As Controvérsias sobre a interpretação da Mecânica Quântica e a formação dos licenciados em Física (um estudo em duas instituições: UFBA e UFSC)**. 2000. 176f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Centro de Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

NAGEL, E. **The structure of science**. Indianápolis: Hackett, 1987.

NUSSBAUM, J. Classroom conceptual change: phylosophical perspectives. **International Journal of Science Education**, London, v. 11, n. 5, p. 530-540, 1989.

OKUNO, E. ; VILELA, M. A. C., **Radiação Ultravioleta: características e efeitos**. 1 ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2005. 79 p.

OSTERMANN, F. ; MOREIRA, M. A. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.5, n.1, 2000. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino>>.

OSTERMANN, F., MOREIRA, M. A. Tópicos de Física Contemporânea na Escola Média Brasileira: um estudo com a Técnica Delphi. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 6., 1998, Florianópolis. **Atas...** Florianópolis: Imprensa UFSC, 1998. 19p. 1 CD-Rom.

OSTERMANN, F. **Tópicos de Física Contemporânea em escolas de nível médio e na formação de professores de Física**. 1999. 433f. Tese (Doutorado em Ciências) - Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

OSTERMANN, F. ; RICCI, T . Relatividade restrita no Ensino Médio: contração de lorentz-fitzgerald e aparência visual de objetos relativísticos em livros didáticos de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 19, n. 2, p. 176-190, ago. 2002.

OSTERMANN, F. Construindo uma unidade didática conceitual sobre Mecânica Quântica: Um estudo na formação de professores de Física. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 10, n. 2, p. 235-257, 2004.

OSTERMANN, F. ; PUREUR, P. **Supercondutividade**. 1. ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2005. 78 p.

PALMERO, M. L. R. ; MOREIRA, M. A. Una Aproximacón cognitiva al aprendizaje del concepto « CELULA » : Un estudio de caso. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Bauru, v. 3, n. 2, ago. 2003.

PARANÁ, D. N. **Física**. 6. ed. São Paulo: Editora Ática, 1998. 400 p.

PAULO, I. J. C. ; MOREIRA, M. A. Abordando conceitos fundamentais da Mecânica Quântica no nível médio. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Bauru, v. 4, n. 2, p. 63-73, ago. 2004.

PEREIRA, J. E. D. **Formação de Professores: pesquisa, representações e poder**. 1. ed. Belo Horizonte: Autêntica, 2000, 167 p.

PERRENOUD, P. **Práticas pedagógicas, profissão docente e formação: perspectivas sociológicas**. Lisboa: Publicações Dom Quixote, 1997.

PERRENOUD, P. **Construir as Competências desde a Escola**. Tradução: Bruno Charles Magne. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 1999, 90p.

PERRENOUD, P. **A Prática Reflexiva no ofício de Professor: profissionalização e razão pedagógica**. Porto Alegre: Artmed, 2001, 232 p.

PERRENOUD, P. **Les Sciences de L'Éducation Proposent-elles des Savoirs Mobilisables dans l'Action?** Symposium "La place des sciences humaines et sociales dans l'expertise et les savoirs professionnels des enseignants". Réseau Éducation et Formation (REF), Montreal, UQAM, 2001. Disponível em: <http://www.unige.ch/fapse/SSE/teachers/perrenoud/php_main/php_2001/2002_12.html>.

PIETROCOLA, M. Construção e Realidade: o realismo científico de Mário Bunge e o ensino científico através de modelos. **Investigação em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 4, n. 3, 1999.

PIETROCOLA, M. ; ZYLBERSZTAJN, A. The use of the Principle of relativity in the interpretation of phenomena by undergraduate physics students. **International Journal of Science Education**, London, v. 21, n. 3, p. 261-276, 1999.

PIETROCOLA, M. ; NEHRING, C.; SILVA, C. C.; TRINDADE, J. A.; LEITE, R. ; PINHEIRO, T. F. As ilhas de racionalidade e o saber significativo: O Ensino de Ciências através de projetos. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 2, n. 1, p.1-19, 2000.

PIETROCOLA, M. Modelização de Variáveis: Uma maneira de caracterizar o papel estruturador da Matemática no conhecimento científico. In: **Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora**. Maurício Pietrocola. (Org.). Editora da UFSC – Florianópolis, 2001.

PIETROCOLA, M. A Matemática como estruturante do conhecimento físico. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 19, n. 2, 2002.

PINHEIRO, T. F. **Aproximação entre a Ciência do aluno na sala de aula da 1ª série do 2º grau e a Ciência dos cientistas: uma discussão**. 1996. 156f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1996.

PINHEIRO, T. F. ; PIETROCOLA, M. ; PINHO ALVES, J. Modelização de variáveis: uma maneira de caracterizar o papel estruturador da Matemática no conhecimento científico. In: **Ensino de Física – Conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora**. Maurício Pietrocola (org), Editora da UFSC - Florianópolis, 2001, 236 p.

PINHO ALVES, J. **Atividades experimentais: do método à prática construtivista**. 2000a. 370f. Tese (Doutorado em Educação) – Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000a.

PINHO ALVES, J. Regras da Transposição Didática aplicadas ao Laboratório Didático. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, V.1 7, n. 2, p. 174-188, ago. 2000b.

PINHO ALVES, J. ; PIETROCOLA, M. ; PINHEIRO, T. F. A Eletrostática como exemplo de Transposição Didática. In: **Ensino de Física – Conteúdo, Metodologia e Epistemologia numa concepção integradora**. Maurício Pietrocola (org), Editora da UFSC - Florianópolis, 2001, 236p.

PINTO, A. C. ; ZANETIC, J. É possível levar a Física Quântica para o Ensino Médio?. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, V. 16, n. 13, p. 7-34, abr. 1999.

POSNER, G. J. ; STRIKE, K. A. ; HEWSON, P. W. ; GERTZOG, W. A. Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. **Science Education**, Tennessee, v. 66, n. 2, p. 211-227, 1982.

RAMALHO JR, F. ; FERRARO, N. G. ; TOLEDO, P. S. **Os Fundamentos da Física**. 6. ed., v. 3. São Paulo: Editora Moderna. 1997.

REZENDE JR, M. F. **Fenômenos e a Introdução de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio**. 2001. 180f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

REZENDE JR, M. F. ; RICARDO, E. C. Os Parâmetros Curriculares Nacionais e a inserção da Física Moderna no Ensino Médio: reflexões sobre o Livro Didático. In: XV SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, XV SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 15., 2003, Curitiba. **Atas...** Curitiba: SBF, 2003.

REZENDE JR, M. F. ; BARCELOS, A. ; TERRAZZAN, E. A. A Física Moderna e Contemporânea nos concursos vestibulares. In: SEMANA DA PESQUISA E EXTENSÃO DA UFSC, 5., 2005, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: SBF, 2005.

RICARDO, E. C. As Ciências no Ensino Médio e os Parâmetros Curriculares Nacionais: da proposta à prática. **Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação**, Rio de Janeiro, v. 10, n. 35, p. 141-160, 2002.

RICARDO, E. C. ; ZYLBERSTAJN, A. O Ensino das Ciências no nível médio: um estudo sobre as dificuldades na implementação dos Parâmetros Curriculares Nacionais. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 19, n. 13, p. 351-370, dez. 2002.

RICARDO, E. C. A reforma educacional e as Ciências do Ensino Médio: dificuldades de implementação e conceitos fundamentais. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 4, 2003, Bauru. **Atas...** Bauru: SBF, 2003.

RICARDO, E. C. As relações com os saberes nas situações didáticas e os obstáculos à aprendizagem. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 15., 2003, Curitiba. **Atas...** Curitiba: SBF 2003.

RICARDO, E. C. **Competências, Interdisciplinaridade e Contextualização: dos Parâmetros Curriculares Nacionais a uma compreensão para o Ensino das Ciências.** 2005. 245f. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) – Centro de Ciências Físicas e Matemáticas, Centro de Ciência da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

RICHARDSON, R. J. et al.. **Pesquisa social: métodos e técnicas.** 3. ed. São Paulo: Atlas, 1985. 334 p.

SANTA CATARINA. Secretaria de Estado da Educação e do Desporto. Proposta Curricular de Santa Catarina: Educação Infantil, Ensino Fundamental e Médio: Disciplinas Curriculares. Florianópolis: **COGEN**, 1998

SAVIANI, D. **Educação: do senso comum à consciência filosófica.** 12. ed. Campinas: Editores Associados, 1996. 247p.

SEARS, F. ; ZEMANSKY, M. ; YOUNG, H. **Física.** 2.ed. v. 2. Rio de Janeiro: Editora LCT, 1984.

SILVA, F. A S. **O papel da Instrumentação para o Ensino de Física na formação do licenciado em Física.** 2002. 168p. Dissertação (Mestrado em Educação) – Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

SILVA, J. A. ; KAWAMURA, M. R. D.; Um Ensino de Física para a cidadania: qual cidadania? In: EPEF, 7., 2000, Florianópolis. **Atas...** Florianópolis: SBF, 2000.

SILVA, J. F. ; MOZENA, E. ; AZEVEDO, M. C. P. S. ; SOUSA, W. B. ; BROCKINGTON, G. ; PAIVA, J. ; Pietrocola, M. atualização dos currículos de Física no Ensino Médio de escolas estaduais: a Transposição de Teorias Modernas e Contemporâneas para a sala de aula. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 16, 2005, Rio de Janeiro. **Atas...** Rio de Janeiro: SBF, 2005.

SILVA, L. H. ; SCHNETZLER, R. Contribuições de um formador de área científica específica para a futura ação docente de licenciandos em Biologia. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Bauru, v. 13, n. 1, 2001.

SILVA, M. B. ; SCHAPPO, V. L. **Introdução à Pesquisa em Educação.** Florianópolis: UDESC, 2002. 146p.

SLONGO, I. P. ; RICARDO, E. C. ; PIETROCOLA, M. La perturbation du contrat didactique et la gestion des paradoxes. **Actes JIES XXIII**, Chamonix, p.537-540, 2001.

SOUSA, C. M. S. G. ; **A resolução de problemas e o Ensino de Física: uma análise psicológica.** 2001. Tese (Doutorado em Psicologia) - Instituto de Psicologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2001.

SOUSA, C. M. S. G. ; FÁVERO, M. H. A Resolução de Problemas em Física: Revisão de pesquisa, análise e proposta metodológica. **Investigação em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 6, n. 2, 2001.

SOUSA, C. M. S. G. Análise de uma situação de Resolução de Problemas de Física, em situação de interlocução entre um especialista e um novato, à luz da Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud. **Investigação em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 7, n. 1, 2002.

SOUSA, C. M. S. G. ; FÁVERO, M. H. . Concepções de Professores de Física sobre Resolução de Problemas e o Ensino da Educação. **Revista Brasileira de Pesquisa Em Educação Em Ciências**, Porto Alegre, v. 3, n. 1, p. 14-21, 2003.

SOUSA, C. M. S. G. ; LARA, A. E. ; MOREIRA, M. A. A Resolução de Problemas em conteúdos de ondas na perspectiva dos Campos Conceituais: uma tentativa de inferir a construção de modelos mentais e identificar invariantes operatórios. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Porto Alegre, v. 4, n.1, abr. 2004.

SOUSA, C. M. S. G. ; MOREIRA, M. A. ; MATHEUS, T. M. Resolução de situações problemáticas experimentais em Campos Conceituais da Física Geral. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 9. 2004, Jaboticatubas. **Atas...** Jaboticatubas: SBF, 2004, 1CD.

SOUZA CRUZ, S. M. S. C. **Aprendizagem centrada em eventos: uma experiência com o enfoque Ciência, Tecnologia e sociedade no Ensino Fundamental. 2001.** Tese (Doutorado em Educação) – Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

SOUZA CRUZ, S. M. S. C. ; PINHO ALVES, J. A Disciplina de Instrumentação, a Pesquisa em Educação e o novo perfil dos Licenciandos em Física. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 4., 2003, Bauru. **Atas...** Bauru: SBF, 2003.

STAKE, R. E. Pesquisa qualitativa/naturalista: problemas epistemológicos. **Educação e Seleção**, São Paulo, v. 7, p.19-27, jun. 1983.

STANNARD, R. Modern physics for the young. **Physics Education**, Bristol, v. 25, n. 3, p. 133, 1990.

STEINBERG, Richard N. Computers in teaching science: To simulate or not simulate? **American Journal of Physics**, v. 68, n. 1, p. 37- 41, Jul. 2000.

STIPCICH, S. ; MOREIRA, M. A. ; CABALLERO, C. . Las situaciones de una propuesta didáctica sobre la interacción gravitatoria.. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 9., 2004, Jaboticatubas. **Atas...** Jaboticatubas: SBF, 2004. 1CD.

STRIDER, D. M. ; TERRAZZAN, E. A. atualização curricular e Ensino de Física na escola média. In: EPEF, 6., 1998, Florianópolis. **Atas...** Florianópolis: SBF, 1998.

TAVARES, R. Aprendizagem significativa. **Revista Conceitos**, João Pessoa, n. 10, p. 55-60, jun. 2004

TERRAZZAN, E. A. A inserção de Física Moderna e Contemporânea no Ensino de Física na escola de 2º grau. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 9, n. 3, p. 209-214, dez. 1992.

TERRAZZAN, E. A. **Perspectivas para a Inserção da Física Moderna na Escola Média**. 1994. 241f. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

TERRAZZAN, E. A. Necessidades e perspectivas para os novos estágios curriculares na formação de professores: primeiras aproximações. In: **Formação docente em Ciências: Memórias e práticas**. Sandra Escovedo Selles e Márcia Serra Ferreira (org), EdUFF – Niterói, 2003, 176p.

TIPLER, P.A. **Física**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan S.A., 1985, 587p.

TRIVIÑOS, A. N. S. **Introdução à Pesquisa em Ciências Sociais: a pesquisa qualitativa em educação**. São Paulo: Atlas, 1987.

VALADARES, E. C. ; ALVES, A. C. **Aplicações da Física Quântica: do transistor à nanotecnologia**. 1. ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2005. 78 p.

VERGNAUD, G. A classification of cognitive tasks and operations of thought involved in addition and subtraction problems. In: **Addition and subtraction. A cognitive perspective**. Carpenter, T.; Moser, J. ; Romberg, T. (eds). Hillsdale: Lawrence Erlbaum, 1982.

VERGNAUD, G. Quelques problèmes théoriques de la didactique a propos d'un exemple: les structures additives. Atelier International d'Eté. **Recherche em Didactique de la Phyque**, La Londe les Maures, 1983a.

VERGNAUD, G. Multiplicative structures. In: **Aquisition of mathematics concepts and processes**. Resh, R. ; Landau, M. (eds.) New York: Academic Press Inc. 1983b.

VERGNAUD, G. Multiplicative structures. In: **Research agenda in mathematics education. number, concepts and operations in the middle grades**. Hilbert, J. ; Behr, M. (eds). Hillsdale: Lawrence Erbaum, 1988.

VERGNAUD, G. Difficultés conceptuelles, erreurs didactiques et vrais obstacles épistemologiques dans l' apprentissage des mathématiques. In: **Construction des savoirs: Obstacles e conflits**. Nadine Bednarz e Catherine Garnier (org.). **Colloque International: obstacle épistémologique et conflit socio-cognitif**. Ed. Agence d'ARC inc: Montreal, 1989.

VERGNAUD, G. La théorie des champs conceptuels. **Recherches en Didactique des Mathématiques**, v. 10, n. 23, 1990. (ver também trad. Espanhol: Juan Godin)

VERGNAUD, G. A Teoria dos Campos Conceituais. Trad de La Théorie des Champs Conceptuels; **mimeo**, 1990.

VERGNAUD, G. Multiplicative conceptual field: what and why? In: **The development of multiplicative reasoning in the leaning of mathematics**. Guershon, H. ; Confrey, J. (eds). Albany: State University of New York Press, 1994.

VERGNAUD, G. A trama dos Campos Conceituais na construção dos conhecimentos. **Revista do GEMPA**, Porto Alegre, n. 4, p. 9-19, 1996a.

VERGNAUD, G. Algunas ideas fundamentales de Piaget em torno a la didáctica. **Perspectivas**, v. 26, n. 1, p. 195-207, 1996b.

VERGNAUD, G. A comprehensive theory of representation for mathematics education. **Journal of Mathematical Behavior**, v. 17, n. 2, p. 167-181, 1998.

VERGNAUD, G. O desenvolvimento cognitivo do adulto. In: **Tratado das Ciências e das técnicas da formação**. Philippe Carré e Pierrri Caspar (Org). Coleção Novo Horizonte Pedagógico: Instituto Piaget, 1999.

WELLS, M. ; HESTENES, D. ; SWACKHAMER, G. A Modeling method for high school physics instruction. **American Journal Physics**, v. 63, n.7, p. 606-619, 1995.

WESTPAHL, M. ; PINHEIRO, T. C. ; PINHO ALVES, J. O concurso para professores da secretaria de estado da educação de Santa Catarina: Uma análise preliminar. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 5., 2005, Bauru. **Atas...** Bauru: SBF, 2005.

WESTPHAL, M. **A Formação Pedagógica no curso de Licenciatura em Física da UFSC e a Prática docente dos Egressos deste curso**. 2006. 246f. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica) – Centro de Ciências Físicas e Matemáticas, Centro de Ciência da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

WILSON, B. Particle physics at A-level- a teacher's viewpoint. **Physics Education**, Bristol, v. 27, n. 2, p. 64-65, 1992.

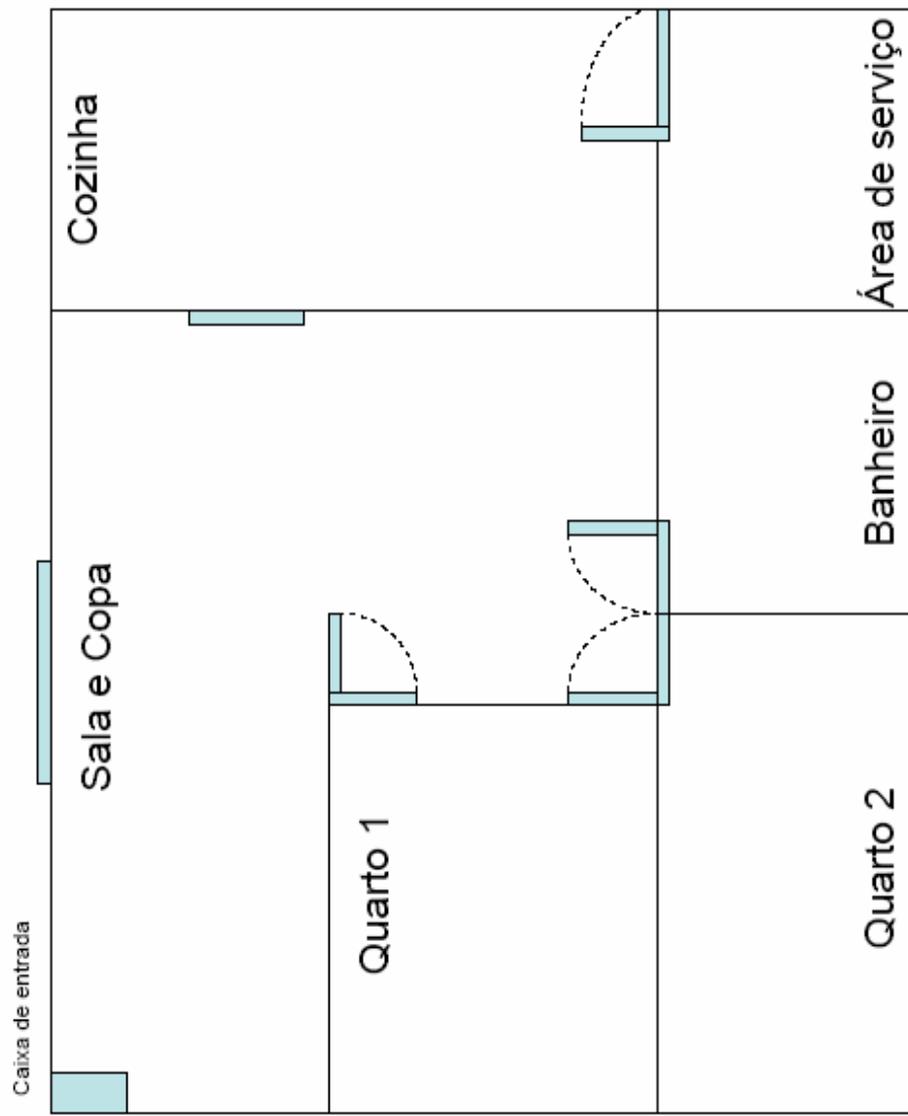
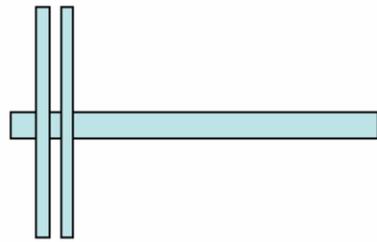
ZANETIC, J. **Física também é cultura**. 1989. 252f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.

ZIMMERMANN, E. ; BERTANI, J. A. Um novo olhar sobre os cursos de formação de professores. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 20, n. 1, 2003.

ZYLBERSZTAJN, A. Concepções espontâneas em Física: Exemplos em dinâmica e implicações para o ensino. **Revista de Ensino de Física**, São Paulo: SBF, v. 5, n. 2, 1983.

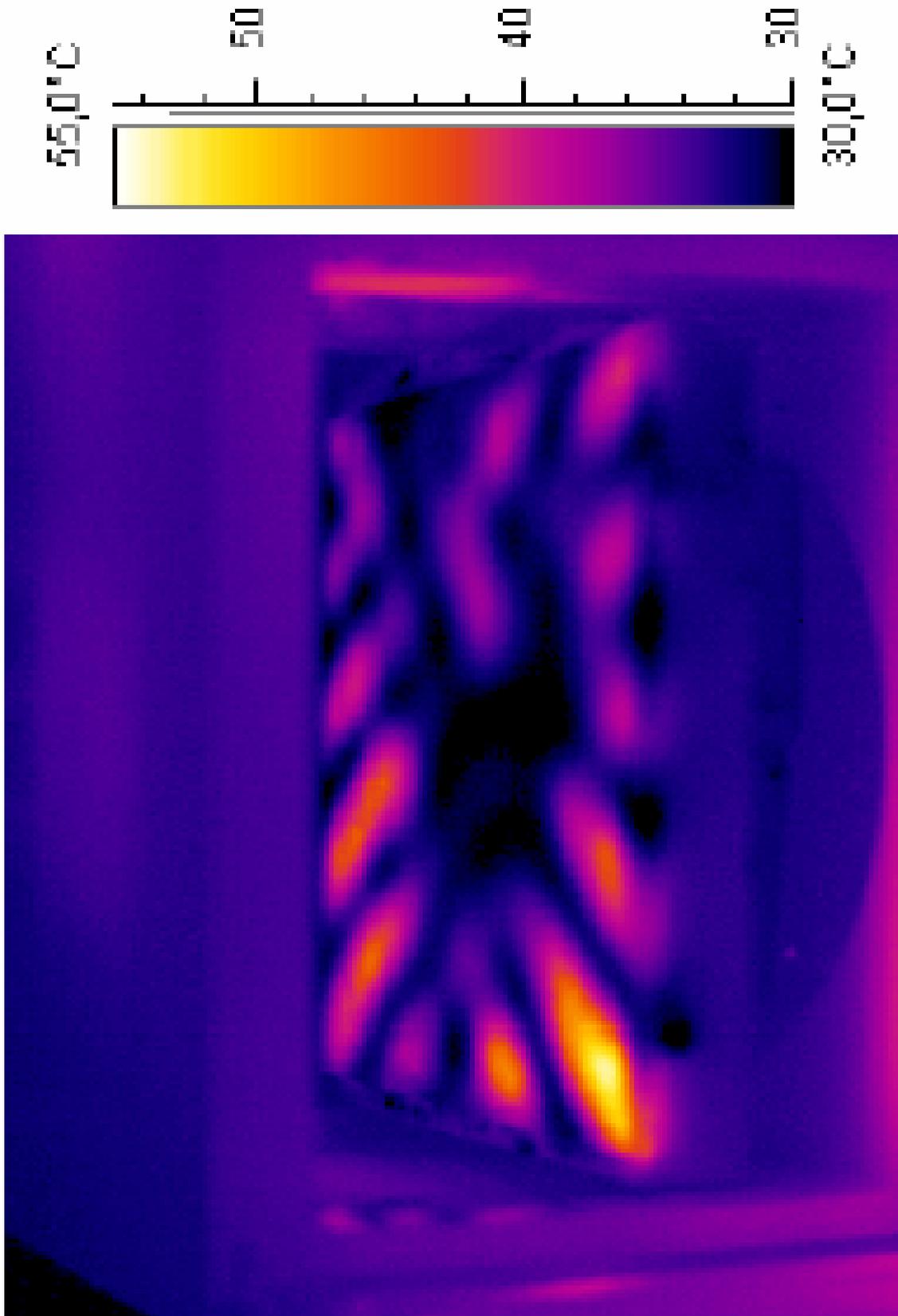
ANEXOS

Vista aérea da disposição de uma casa



ANEXO 1

ANEXO 2



ANEXO 3

Ementas das disciplinas Instrumentação para o Ensino de Física A, B e C [Agosto de 2005]

1) Instrumentação para o Ensino de Física A

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS FÍSICAS E MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE FÍSICA

CÓDIGO: FSC 5117

CARGA HORÁRIA: 72 horas/aula

EMENTA: O processo de ensino aprendizagem da Física. O papel e a influência das Concepções Alternativas, História da Física, Transposição Didática e Modelização no Ensino de Física. As relações CTS e o Ensino de Física. Retrospectiva histórica do Ensino de Física (nacionais e estrangeiros) da década de 60 (PSSC, Harvard, Nuffiel, Piloto, FAI, PEF, PBEF) e suas influências no Ensino de Física no Brasil.

OBJETIVO GERAL

Discutir de forma analítico-crítica os principais trabalhos destinados à melhoria o Ensino de Física nas últimas décadas: projetos e pesquisas relacionados ao ensino aprendizagem de Física.

OBJETIVO ESPECÍFICO:

Conhecer e dominar os principais conceitos ligados às pesquisas construtivistas em Ensino de Física.

Conhecer limites e possibilidades dos principais projetos desenvolvidos na área de Ensino e Física

METODOLOGIA DE TRABALHO:

Aulas dialogadas; seminários, realização de trabalhos em grupos.

PROGRAMA:

O conteúdo de Física e suas formas de apreensão;
O senso comum e a construção de significados sobre o mundo físico;
As Concepções Alternativas e as concepções científicas;
A concepções científicas do passado e as Concepções Alternativas;
A evolução histórica do conhecimento sobre o mundo físico;
Obstáculos epistemológicos e obstáculos pedagógicos;
O conhecimento científico e o conhecimento científico escolar;
O saber sábio, o Saber a Ensinar e o Saber Ensinado num processo dinâmico de Transposição Didática;
Os modelos Físicos e a Realidade Física;
Modelização do mundo e os paradigmas pessoais e comunitários;
A História do Ensino de Física no Brasil;
A era dos projetos de Ensino de Física no mundo e no Brasil;

AVALIAÇÃO:

Resenhas; apresentação de seminários; trabalhos em grupo; provas.

BIBLIOGRAFIA

CADERNO CATARINENSE DE ENSINO DE FÍSICA - Departamento de Física/UFSC.
Editora da UFSC, Florianópolis.

CANIATO, R. - Um projeto brasileiro para o Ensino de Física. O Céu. Nobel/Unicamp, São Paulo, 1975.

GETEF - Física auto-instrutiva. Vol.1, 2, 3, 4, 5; Editora Saraiva, São Paulo, 1973.

GRAF - Textos de mecânica, termologia e eletromagnetismo. Editora da USP, São Paulo, 1993.

PROJETO ENSINO DE FÍSICA (PEF) - Fascículos de mecânica, eletricidade e eletromagnetismo. MEC/Fename/Premen, 1980.

PROJETO PILOTO DA UNESCO - A Física da Luz. São Paulo, 1964.

PSSC - Vol.1, 2, 3, 4; Funbec/Edart, São Paulo, 1970.

REVISTA DE ENSINO DE FÍSICA - Sociedade Brasileira de Física.

Astolfi, JP et ali - A Didática das Ciências - editora Papirus.

Artigos diversos dos periódicos acima e de outros.

2) Instrumentação para o Ensino de Física B

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS FÍSICAS E MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE FÍSICA

CÓDIGO: FSC 5118

CARGA HORÁRIA: 72 horas/aula

EMENTA: A Função e o Papel das Atividades Experimentais no Ensino de Física. Discussão sobre o uso de Demonstrações no Ensino de Física: conteúdo versus motivação, utilizando do acervo do Labidex. Análise e Discussões sobre uso de Multimídia no Ensino da Física. Planejamento e Elaboração de uma Unidade de Ensino de Física (teoria e experimental) Fundamentada nos Processos de Ensino-Aprendizagem e de suas Várias Concepções.

OBJETIVO GERAL

Capacitar os licenciandos na organização e apresentação de temas de Física de interesse para o Ensino Médio, em particular pelo uso de atividades práticas, como experiências, e multimídia.

OBJETIVO ESPECÍFICO:

O objetivo da disciplina é a confecção de um unidade de ensino para o segundo grau, utilizando o acervo do Labidex entre outros recursos.

METODOLOGIA DE TRABALHO:

As aulas serão entendidas como formas de subsidiar a realização do projeto. Para tanto a turma será dividida em grupos. As aulas serão distribuídas em três blocos: aulas expositivas/dialogadas ministradas pelo professor; seminários dos alunos sobre temas relacionados a unidade de ensino; elaboração da unidade de ensino com supervisão docente.

No bloco 1 serão desenvolvidos os seguintes temas:

A função das atividades experimentais no Ensino de Física;

O papel das atividades demonstrativas realizadas em classe para o ensino-aprendizagem de Física;

Alguns exemplos do uso de novas Tecnologias no Ensino de Física: limites e possibilidades.

No bloco 2, os grupos deverão realizar pequenos trabalhos a serem expostos na forma de seminários sobre os diversos *enfoques*. Os grupos deverão fazer um plano de ocupação das aulas. Neste plano deverá estar incluído o título do seminário, objetivos, programa, bibliografia e um texto sobre o mesmo de aproximadamente 5 páginas.

No bloco 3 os grupos desenvolvem o projeto com supervisão docente. Estão previstas momentos tipo “ponta de prova”, onde os grupos deverão apresentar o estágio de elaboração do projeto.

PROGRAMA:

A metodologia dos blocos 2 e 3 deverá ser desenvolvida dentro dos Tópicos de Física desenvolvidos nas disciplinas de Física I, II, III e IV e Estrutura da Matéria I. Os seminários do Bloco 2 destinados a estruturar a elaboração da Unidade de Ensino deverão ser realizados segundo os enfoques abaixo relacionados:

Enfoques:

- 1) Conteúdo – (em nível universitário básico)
 - a) Clássico;
 - b) Moderno;
 - c) História

- 2) Fenomenologia -
 - a) Atividades Experimentais
 - b) Cotidiano - mídia, dia-a-dia, etc

- 3) Ensino Médio
 - a) Bibliografia de apoio – jornal, revistas; livros didáticos e paradidáticos etc
 - b) Transposição Didática
 - c) Modelização

- 4) Recursos Instrucionais
 - a) Metodologia de sala de aula – trabalho em grupo, discussão coletiva, jogral etc
 - b) Recursos multimídia – vídeo, sites, simulações, transparências, etc

A unidade de Ensino deverá contemplar os aspectos acima relacionados, sendo pois constituída de uma parte operacional, destinada à sua apresentação, e outra a analítica, destinada a informar seus objetivos, metodologia a ser empregada, etc.

BIBLIOGRAFIA

CADERNO CATARINENSE DE ENSINO DE FÍSICA - Departamento de Física/UFSC.
Editora da UFSC, Florianópolis.

GRAF - Textos de mecânica, termologia e eletromagnetismo. Editora da USP, São Paulo, 1993.

REVISTA DE ENSINO DE FÍSICA - Sociedade Brasileira de Física.

ASTOLFI, J.P. - A Didática das Ciências - Papirus.

FOUREZ, G, La Alfabetizacion Cientifica e Tecnica

3) Instrumentação para o Ensino de Física C

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

CENTRO DE CIÊNCIAS FÍSICAS E MATEMÁTICAS

DEPARTAMENTO DE FÍSICA

CÓDIGO: FSC 5119

CARGA HORÁRIA: 72 horas-aula

EMENTA: Aplicação de uma Unidade de Ensino de Física em Turmas Piloto da Comunidade. Elaboração de Instrumentos para Acompanhamento e Avaliação da unidade de Ensino com Objetivos de Reformulação. Seminários de Apresentação dos Resultados.

OBJETIVO GERAL

Aplicar a Unidade de Ensino desenvolvida na disciplina FSC 5118 a comunidade Universitária

OBJETIVO ESPECÍFICO:

Desenvolver elementos para avaliação do processo de ensino aprendizagem;
Avaliar a aplicação Unidade de Ensino desenvolvida na disciplina FSC 5118;
Elaboração de um relatório crítico sobre os resultados alcançados.

METODOLOGIA DE TRABALHO E PROGRAMA:

A disciplina será dividida em dois blocos, um destinado a escolha do público alvo e adaptação da Unidade de Ensino previamente desenvolvida na disciplina FSC 5118 e determinação de instrumentos de avaliação. O bloco seguinte será destinado a aplicação da referida Unidade, com seções de avaliação, visando o acompanhamento e supervisão continuada.

Os instrumentos de análise serão desenvolvidos em conformidade com as pesquisas educacionais. Entre elas, será de fundamental importância as análises relacionadas as atividades de pesquisa-ação.

BIBLIOGRAFIA

CADERNO CATARINENSE DE ENSINO DE FÍSICA - Departamento de Física/UFSC.
Editora da UFSC, Florianópolis.

GREF - Textos de mecânica, termologia e eletromagnetismo. Editora da USP, São Paulo, 1993.

REVISTA DE ENSINO DE FÍSICA - Sociedade Brasileira de Física.

ASTOLFI, J.P. - A Didática das Ciências - Papirus.

Fourez, G. El Alfabetizacion Cientifica e Tecnica.

ANEXO 4

LISTAGEM DOS ENTREVISTADOS POR EVENTO

E0 (15 entrevistados)

SIGLA
AAA
ABC
APP
AWW
BBB
CBB
CCC
CLL
DBB
ESC
GGG
PMM
RBB
SSA
WPP

E1 (4 entrevistados)

SIGLA
CDD
DCC
LRR
TBB

E2 (12 entrevistados)

SIGLA
AAL
ADM
ADZ
CST
FMJ
JAA
JSS
MMM
MRS
RRG
RRR
VAC

E3 (22 entrevistados)

SIGLA
ATT
AVG
EEE
ETF
GGO
GTR
HII
LMM
MMR
MSJ
MTD
NRR
PCC
PPP
PVT
RFG
RRF
RRP
RSL
SLO
SSJ
TTM

E4, E5, E6 (29 entrevistados)

SIGLA
ACA
ALM
ARS
CIL
DBS
FCF
FLE
FMC
GMS
GPR
IGF
JCC
JMS
KVV
LHM
LTA
MAB
MCL
MVC
PMR
RBM
RML
RRS
TMN
TVC
VCC
VGG
VHM
WLC

LISTAGEM GERAL DOS ENTREVISTADOS (82 ENTREVISTADOS)

SIGLAS
AAA – E0
AAL – E2
ABC – E0
ACA – E4 E5 E6
ADM – E2
ADZ – E2
ALM – E4 E5 E6
APP – E0
ARS – E4 E5 E6
ATT – E3
AVG – E3
AWW – E0
BBB – E0
CBB – E0
CCC – E0
CDD – E1
CIL – E4 E5 E6
CLL – E0
CST – E2
DBB – E0
DBS – E4 E5 E6
DCC – E1
EEE – E3
ESC – E0
ETF – E3
FCF – E4 E5 E6
FLE – E4 E5 E6
FMC – E4 E5 E6
FMJ – E2
GGG – E0
GGO – E3
GMS – E4 E5 E6
GPR – E4 E5 E6
GTR – E3
HII – E3
IGF – E4 E5 E6
JAA – E2
JCC – E4 E5 E6
JMS – E4 E5 E6
JSS – E2
KVV – E4 E5 E6
LHM – E4 E5 E6
LMM – E3
LRR – E1
LTA – E4 E5 E6

MAB – E4 E5 E6
MCL – E4 E5 E6
MMM – E2
MMR – E3
MRS – E2
MSJ – E3
MTD – E3
MVC – E4 E5 E6
NRR – E3
PCC – E3
PMM – E0
PMR – E4 E5 E6
PPP – E3
PVT – E3
RBB – E0
RBM – E4 E5 E6
RFG – E3
RML – E4 E5 E6
RRF – E3
RRG – E2
RRP – E3
RRR – E2
RRS – E4 E5 E6
RSL – E3
SLO – E3
SSA – E0
SSJ – E3
TBB – E1
TMN – E4 E5 E6
TTM – E3
TVC – E4 E5 E6
VAC – E2
VCC – E4 E5 E6
VGG – E4 E5 E6
VHM – E4 E5 E6
WLC – E4 E5 E6
WPP – E0

PROTOCOLO 0

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLOGIA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA EDUCAÇÃO – CENTRO DE CIÊNCIAS FÍSICAS E
MATEMÁTICAS

Seqüência balizadora de perguntas para entrevistas

01) Com base na sua formação e nas reais condições de sala de aula, você estaria propenso a ensinar a Física do século XX na escola média? Em que condições?

Objetivo: detectar nos licenciandos a sua posição em relação à introdução de FMC no EM considerando a sua respectiva formação superior, ou ainda se, independentemente de ter uma formação adequada para tal, estaria propenso a discutir com seus alunos do EM temas e tópicos relacionados a Física do século XX.

02) Argumente sobre as características que devem assumir esses temas/tópicos no EM

Objetivo: extrair dos entrevistados qual a característica de tais conceitos para serem trabalhados no EM, ou seja, com uma ênfase mais formativa ou informativa.

03) Exponha de 3 a 5 temas de FMC possíveis de serem trabalhadas no EM, procurando justificar onde eles deveriam estar presentes no currículo escolar

Objetivo: Conferir resultados com pesquisa de Ostermann e Moreira e detectar características na formação dos entrevistados, principalmente quanto à estrutura curricular e os pré-requisitos.

04) Se um aluno do 1º ano do EM lhe perguntasse sobre os “buracos de minhoca” que acabara de ler em uma revista de divulgação (EX: Galileu), você estaria preparado a lhe responder sobre o assunto?

Objetivo: Validar e avaliar questões 1, 2, 3

PROTOCOLO 1

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLOGIA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA EDUCAÇÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS FÍSICAS E MATEMÁTICAS

Seqüência balizadora de perguntas para entrevistas

FASE 1 - Ambientação

- A) Pedir para os entrevistados falarem sobre a temática tratada nos projetos de INSPE B e C
- B) Pedir para que os entrevistados falem sobre sua experiência de docência (INSPE e Prática de Ensino), ou se atualmente estão lecionando. Perguntar sobre turmas, escola pública ou particular, etc.

FASE 2 - Características dos Projetos

- A) Antes do desenvolvimento do seu projeto [*verificar título do projeto em função do entrevistado*] junto a disciplina de INSPE, você já havia tido contato com o tópico [*verificar temática central do projeto*] em alguma fase da sua formação? Onde? Em que disciplina? <deixar que exponham>
- B) O conhecimento sobre [*em função dos projetos realizados pelos entrevistados*] que você possuía foi suficiente para tratar com o tema do projeto proposto?
- C) Durante o desenvolvimento do projeto você sentiu dificuldades quanto aos conceitos que seriam trabalhados e suas aplicações?
- D) Do conhecimento que você possuía sobre a temática discutida no projeto, algum conceito, definição, aplicação, etc, ficou “mais claro” durante o desenvolvimento desse tipo de atividade? [ou você achou que o seu trabalho foi o de organizar didaticamente a partir da metodologia definida o que você já sabia ao objetivo do projeto? (pergunta implícita)]
- E) Você se lembra de algum conceito, definição ou aplicação referente ao tema do seu projeto que você foi conhecer pela primeira vez enquanto trabalhava no seu desenvolvimento?
- F) Você adquiriu algum conhecimento específico mais profundo sobre a temática durante o desenvolvimento do projeto? Poderia comentar a respeito?
- G) Existiu durante o desenvolvimento do projeto alguma barreira conceitual intransponível individual ou em grupo? Como foi feito para contornarem a situação?
- H) Algum conceito novo foi aprendido/rediscutido/reelaorado durante o desenvolvimento do seu projeto? Qual(is)?

- D) O encaminhamento dado pelos professores da disciplina, <teóricos - sobre Física e Ensino de Física> contribuíram de alguma forma para a reelaboração/adaptação e aplicação do projeto?
- J) Para a apresentação do projeto, existiu algum conceito que foi mais difícil de ser tratado com os alunos do EM?
- K) Do projeto apresentado, você mudaria algo? Comente.
- L) Qual a sua avaliação do resultado final do projeto? (Quanto a sua aplicação)

FASE 3 – Questões específicas sobre a Física envolvida nos projetos

As perguntas nessa fase sofreram variações em função do entrevistado e da temática tratada nos seus respectivos projetos, mas tinham como eixo estruturador questões conceituais, aplicações tecnológicas e contexto histórico envolvidos na temática de cada um dos projetos.

PROTOCOLO 2

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLOGIA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA EDUCAÇÃO – CENTRO DE CIÊNCIAS FÍSICAS E
MATEMÁTICAS

Seqüência balizadora de perguntas para entrevistas

PROJETO APAGÃO “O DIA EM QUE A ILHA APAGOU”

PARTE 1 - Ambientação

- C) Pedir para o entrevistado se apresentar, e dizer o título e do que se tratava os projetos de INSPE B e C
- D) Pedir para que os entrevistados falem sobre sua experiência de docência (INSPE e Prática de Ensino), se atualmente estão lecionando, turmas, escola pública ou particular, etc.

PARTE 2

- A) Antes do desenvolvimento do seu projeto sobre o “APAGAO” junto a disciplina de INSPE, você já havia tido contato com o tópico “eletrodinâmica/eletromagnetismo” em alguma fase da sua formação? Onde? Em que disciplina?
- B) O conhecimento sobre ELETRODINAMICA e ELETROMAGNETISMO que você possuía foi suficiente para tratar com o tema do projeto proposto?
- C) Do conhecimento que você possuía, algum conceito, definição, aplicação, etc, ficou mais claro durante o desenvolvimento do projeto? [ou você achou que o seu trabalho foi o de organizar didaticamente a partir da metodologia definida o que você já sabia ao objetivo do projeto? (pergunta implícita)].
- D) Algum conceito novo foi aprendido durante o desenvolvimento do seu projeto? Qual(is)?
- E) O encaminhamento dado pelos professores da disciplina e os temas/assuntos discutidos na disciplina de INSPE contribuiram para a reelaboração/adaptação e aplicação do projeto?
- F) Para a apresentação do projeto, existiu algum conceito que foi mais difícil de ser tratado com os alunos?
- G) Do projeto que foi apresentado, você mudaria algo? Comente
- H) Qual a sua avaliação do resultado final do projeto? (Quanto a sua aplicação)

PARTE 3

- A) Por que a Tensão na Usina Geradora é diferente da tensão nas residências?
- B) Por que a necessidade da utilização de transformadores entre a usina geradora e as residências
- C) Mostrar um modelo planejado⁹³ de uma casa e pedir para que eles façam um desenho esquemático de uma possível ligação elétrica onde esteja ligado 1 lâmpada em cada cômodo mais um chuveiro no banheiro) (desconsidere possíveis aterramentos, etc.)
- D) Supondo que em uma determinada residência o disjuntor insista em ficar “caindo”, o que poderia ser feito para solucionar o problema? Explique sua resposta.

PROJETO MICROONDAS “ENTRE NESSA μ ONDA”

PARTE 1 - Ambientação

- A) Pedir para o entrevistado se apresentar, e dizer o título e do que se tratava os projetos de INSPE B e C
- B) Pedir para que os entrevistados falem sobre sua experiência de docência (INSPE e Prática de Ensino), se atualmente estão lecionando, turmas, escola pública ou particular, etc.

PARTE 2

- A) Antes do desenvolvimento do seu projeto sobre MICROONDAS junto a disciplina de INSPE, você já havia tido contato com o tópico “microondas” em alguma fase da sua formação? Onde? Em que disciplina?
- B) O conhecimento sobre microondas que você possuía foi suficiente para tratar com o tema do projeto proposto?
- C) Do conhecimento que você possuía, algum conceito, definição, aplicação, etc, ficou mais claro durante o desenvolvimento do projeto? [ou você achou que o seu trabalho foi o de organizar didaticamente a partir da metodologia definida o que você já sabia ao objetivo do projeto? (pergunta implícita)]
- D) Algum conceito novo foi aprendido durante o desenvolvimento do seu projeto? Qual(is)?
- E) O encaminhamento dado pelos professores da disciplina, os temas/assuntos discutidos na disciplina de INSPE contribuíram para a reelaboração/adaptação e aplicação do projeto?
- F) Para a apresentação do projeto, existiu algum conceito que foi mais difícil de ser tratado com os alunos?
- G) Do projeto que foi apresentado, você mudaria algo? Comente
- H) Qual a sua avaliação do resultado final do projeto? (Quanto a sua aplicação)

⁹³ Ver Anexo 1

PARTE 3

A) É sabido que a água é um elemento muito importante no processo de aquecimento por microondas, mas por que isso se dá somente com uma pequena faixa de frequência do espectro eletromagnético, ou seja, a faixa das microondas? Em outras palavras, por que a faixa de frequência das microondas é a que aquece a água e não a do raio X ou onda de rádio? (Ver como isso tem haver com os saltos quânticos?)

B) O que existe na água para a execução desse processo de aquecimento?

[Comentários das perguntas 1 e 2: é previsível que eles façam uma analogia com a ressonância (polarização) → insistir com eles caso ainda não tenha dito porque não em outra faixa de frequência. Ver se houve evolução de um conceito (onda estacionária de 2D para 3D)]

C) Durante a disciplina de INSPE foram trabalhados alguns conceitos referentes ao tema das microondas, como de ondas mecânicas, estacionárias, transferência de energia, ressonância, etc.... Foi também feito uma experiência para se medir o comprimento de onda das microondas utilizando o forno. Você se lembra dessa experiência? (procure descrevê-la)

[A resposta deve ser positiva (conforme professores da disciplina). Mostrar a foto da bandeja⁹⁴ e perguntar sobre possível explicação para a foto.]

Se a questão acima for SIM: Então, utilizando este exemplo feito com um forno de microondas, é possível determinar a velocidade de propagação das microondas?

Se a questão acima for NÃO: Perguntar se o entrevistado saberia dizer o que é então esta figura? Mostrar a foto e perguntar porque fica aquela distribuição (possíveis perguntas: O que tem o modelo de polarização haver com a ressonância? Tentar verificar o quanto foram além e se o modelo da matéria é clássico ou quântico).

Com o aumento no buraco da camada de ozônio, passou a existir uma preocupação com utilização de filtro solar. Como funciona o filtro solar e por que utilizá-lo (responder do ponto de vista da Física)

⁹⁴ Ver Anexo 2

PROTOCOLO 3

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLOGIA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA EDUCAÇÃO – CENTRO DE CIÊNCIAS FÍSICAS E
MATEMÁTICAS

Seqüência balizadora de perguntas para entrevistas

ELETRODINÂMICA/ELETROMAGNETISMO

- E) Pedir para que os entrevistados falem sobre sua experiência de docência (SE HÁ) e se atualmente estão lecionando, turmas, escola publica ou particular, etc.

QUESTÕES TEÓRICAS

- F) Por que a Tensão na Usina Geradora é diferente da tensão nas residências?
G) Por que a necessidade da utilização de transformadores entre a usina geradora e as residências
H) Mostrar um modelo planejado⁹⁵ de uma casa e pedir para que eles façam um desenho esquemático de uma possível ligação elétrica onde esteja ligado 1 lâmpada em cada cômodo mais um chuveiro no banheiro) (desconsidere possíveis aterramentos, etc.)
I) Supondo que em uma determinada residência o disjuntor insista em ficar “caindo”, o que poderia ser feito para solucionar o problema? Explique sua resposta.

⁹⁵ Ver Anexo 1

Seqüência balizadora de perguntas para entrevistadas

MICROONDAS

- J) Pedir para que os entrevistados falem sobre sua experiência de docência (SE HÁ) e se atualmente estão lecionando, turmas, escola publica ou particular, etc.

QUESTÕES TEÓRICAS

- D) É sabido que a água é um elemento muito importante no processo de aquecimento por microondas, mas por que isso se dá somente com uma pequena faixa de frequência do espectro eletromagnético, ou seja, a faixa das microondas? Em outras palavras, por que a faixa de frequência das microondas é a que aquece a água e não a do raio X ou onda de rádio? (Ver como isso tem haver com os saltos quânticos?)

- E) O que existe na água para a execução desse processo de aquecimento?

[Comentários das perguntas 1 e 2 : É previsível que eles façam uma analogia com a ressonância (polarização) → insistir com eles caso ainda não tenha dito porque não em outra faixa de frequencia.

- F) Mostrar a foto da bandeja⁹⁶ e perguntar sobre possível explicação para a foto. (Se houver uma resposta condizente, fazer perguntas abaixo)

Se POSITIVA: Então, utilizando este exemplo feito com um forno de microondas, é possível determinar a velocidade de propagação das microondas?

Se NEGATIVA: Perguntar se o entrevistado saberia dizer o que é então esta figura? Mostrar a foto e perguntar porque fica aquela distribuição (possíveis perguntas: O que tem o modelo de polarização haver com a ressonância? Tentar verificar o quanto foram alem e se o modelo da matéria é clássico ou quântico).

- G) Com o aumento no buraco da camada de ozônio, passou a existir uma preocupação com utilização de filtro solar. Como funciona o filtro solar e por que utilizá-lo (responder do ponto de vista da Física).

⁹⁶ Ver Anexo 2

PROTOCOLO 4

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLOGIA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA EDUCAÇÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS FÍSICAS E MATEMÁTICAS

Seqüência balizadora de perguntas para entrevistas

Ambientação –Projeto confeccionado na disciplina de INSPE B (e semestre), Experiência na docência (Tempo,níveis de ensino, disciplinas, ...)

Questão 1 – Antes do desenvolvimento do seu projeto junto a disciplina de INSPE B, você já havia tido contato com os conceitos referentes ao tema do projeto proposto? Em que fase da sua formação? Em de disciplina?

Questão 2 – Os conhecimentos referentes ao tema do projeto proposto em INSPE B foram suficientes para tratá-lo? Você sentiu dificuldades quanto aos conceitos que seriam trabalhados e suas aplicações?

Questão 3 - Do conhecimento que você possuía, algum conceito, definição, aplicação, etc, ficou mais “claro” durante o desenvolvimento do projeto? Ou você achou que o seu trabalho foi o de organizar didaticamente, a partir da metodologia proposta, assuntos que você já dominava?

Questão 4 - Você se lembra de algum conceito, definição ou aplicação referente ao tema do seu projeto em INSPE B que você foi conhecer pela primeira vez enquanto trabalhava no seu desenvolvimento?

Questão 5 - Qual a sua avaliação do resultado final do projeto apresentado na conclusão da disciplina de INSPE B?

É sabido que na disciplina de INSPE C, somente alguns projetos serão escolhidos para serem reestruturados e aplicados.

Questão 6 - Você gostaria de continuar trabalhando no projeto por você iniciado em INSPE B?

Questão 7 - Quais são as vantagens que você pode observar trabalhando sobre o mesmo projeto desenvolvido em INSPE B?

Questão 8 - E as desvantagens?

Questão 9 - Para você, que aspectos são fundamentais para a reelaboração de um projeto temático?

Questão 10 - Na possibilidade de continuar trabalhando no seu projeto anterior, quais aspectos (conteúdo, estrutural, metodológico, etc.) você buscaria avançar/modificar?

Questão 11 - Se fosse necessário reelaborar o projeto de outro grupo, sobre qual você gostaria de fazê-lo? Por que motivo?

PROCOLO 5

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGIA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA EDUCAÇÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS FÍSICAS E MATEMÁTICAS

Seqüência balizadora de perguntas para entrevistas

Parte Comum aos três projetos

- 01) Você já teve contato com os conceitos referentes ao tema proposto no projeto para a reestruturação em INSPE C? Em que fase da sua formação? Em que disciplina?
- 02) Você acredita que os seus conhecimentos referentes ao tema do projeto proposto em INSPE C serão suficientes para tratá-lo?

Referente ao projeto “Raio X”

- 03) Como o Raio-X é produzido
- 04) A absorção e os efeitos do Raio-X dependem de que fatores?
- 05) A energia está relacionada com que propriedade de uma onda eletromagnética?
- 06) Se você quer aquecer a comida, você deve expô-la as microondas. Se você quer esterilizá-la matando as bactérias, você pode expô-la ao raio-X. Por que as microondas e o Raio-X tem diferentes efeitos sobre a comida?

Referente ao projeto “Você saber curtir um som?”

- 03) Quais são as propriedades mais importantes das ondas sonoras?
- 04) Com que propriedades da onda estão associadas a intensidade do som?
- 05) Qual é o papel do meio na propagação de uma onda sonora? De exemplos deste efeito em diferentes meios.

Referente ao projeto “De olho no furacão”

- 03) Comente sobre os processos de transmissão de calor importantes para tratar um fenômeno meteorológico com o furacão.
- 04) Qual o papel da Temperatura e da pressão na formação de nuvens.

PROTOCOLO 6

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLOGIA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA EDUCAÇÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS FÍSICAS E MATEMÁTICAS

Referente ao projeto “Raio X”

Parte 1

- 01) Antes do desenvolvimento do seu projeto junto à disciplina de INSPE C, você já havia tido contato com os conceitos referentes ao tema do projeto proposto? Em que fase da sua formação? Em que disciplina?
- 02) Os conhecimentos referentes ao tema do projeto de INSPE C foram suficientes para tratá-lo? Você sentiu dificuldades quanto aos conceitos que seriam trabalhados e suas aplicações?
- 03) Do conhecimento que você possuía, algum conceito, definição, aplicação, etc, ficou mais “claro” durante o desenvolvimento do projeto? Ou você achou que o seu trabalho foi o de organizar didaticamente, a partir da metodologia proposta, assuntos que você já dominava?
- 04) Você se lembra de algum conceito, definição ou aplicação referente ao tema do seu projeto em INSPE C que você foi conhecer pela primeira vez enquanto trabalhava no seu desenvolvimento?
- 05) Para a apresentação do projeto, existiu algum conceito que foi mais difícil de ser tratado com os alunos?
- 06) Do projeto que foi apresentado, você mudaria algo? Comente
- 07) Qual a sua avaliação do resultado final do projeto? (Quanto a sua aplicação).
- 08) Para você, que aspectos são fundamentais para a reelaboração de um projeto temático?

Parte 2

Procure responder as perguntas abaixo com clareza possível

- 09) Como o Raio-X é produzido?
- 10) A absorção e os efeitos do Raio-X dependem de que fatores?
- 11) A energia está relacionada com que propriedade de uma onda eletromagnética?

Referente ao projeto “Você saber curtir um som?”

Parte 1

- 01) Antes do desenvolvimento do seu projeto junto à disciplina de INSPE C, você já havia tido contato com os conceitos referentes ao tema do projeto proposto? Em que fase da sua formação? Em que disciplina?
- 02) Os conhecimentos referentes ao tema do projeto de INSPE C foram suficientes para tratá-lo? Você sentiu dificuldades quanto aos conceitos que seriam trabalhados e suas aplicações?
- 03) Do conhecimento que você possuía, algum conceito, definição, aplicação, etc, ficou mais “claro” durante o desenvolvimento do projeto? Ou você achou que o seu trabalho foi o de organizar didaticamente, a partir da metodologia proposta, assuntos que você já dominava?
- 04) Você se lembra de algum conceito, definição ou aplicação referente ao tema do seu projeto em INSPE C que você foi conhecer pela primeira vez enquanto trabalhava no seu desenvolvimento?
- 05) Para a apresentação do projeto, existiu algum conceito que foi mais difícil de ser tratado com os alunos?
- 06) Do projeto que foi apresentado, você mudaria algo? Comente.
- 07) Qual a sua avaliação do resultado final do projeto? (Quanto a sua aplicação)
- 08) Para você, que aspectos são fundamentais para a reelaboração de um projeto temático?

Parte 2

Procure responder as perguntas abaixo com clareza possível

- 09) Quais são as propriedades mais importantes das ondas sonoras?
- 10) Com que propriedades da onda estão associadas a intensidade do som?
- 11) Qual é o papel do meio na propagação de uma onda sonora? De exemplos deste efeito em diferentes meios.

Referente ao projeto “De olho no furacão”

Parte 1

- 01) Antes do desenvolvimento do seu projeto junto à disciplina de INSPE C, você já havia tido contato com os conceitos referentes ao tema do projeto proposto? Em que fase da sua formação? Em que disciplina?
- 02) Os conhecimentos referentes ao tema do projeto de INSPE C foram suficientes para tratá-lo? Você sentiu dificuldades quanto aos conceitos que seriam trabalhados e suas aplicações?
- 03) Do conhecimento que você possuía, algum conceito, definição, aplicação, etc, ficou mais “claro” durante o desenvolvimento do projeto? Ou você achou que o seu trabalho foi o de organizar didaticamente, a partir da metodologia proposta, assuntos que você já dominava?
- 04) Você se lembra de algum conceito, definição ou aplicação referente ao tema do seu projeto em INSPE C que você foi conhecer pela primeira vez enquanto trabalhava no seu desenvolvimento?
- 05) Para a apresentação do projeto, existiu algum conceito que foi mais difícil de ser tratado com os alunos?
- 06) Do projeto que foi apresentado, você mudaria algo? Comente.
- 07) Qual a sua avaliação do resultado final do projeto? (Quanto a sua aplicação)
- 08) Para você, que aspectos são fundamentais para a reelaboração de um projeto temático?

Parte 2

Procure responder as perguntas abaixo com clareza possível

- 09) Comente sobre os processos de transmissão de calor importantes para tratar um fenômeno meteorológico como o furacão.
- 10) Qual o papel da temperatura e da pressão na formação de nuvens.