

VANDERLEI ANDRÉ CIMA

**TÓPICOS DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA CONTEMPORÂNEAS NA
EDUCAÇÃO BÁSICA:
RETRATOS DE UM DESAFIO DOCENTE**

**FLORIANÓPOLIS – SC
2007**



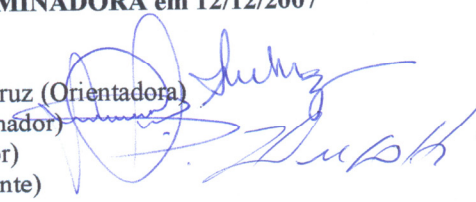
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS FÍSICAS E MATEMÁTICAS
CENTRO DE CIÊNCIAS DA EDUCAÇÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
CURSO DE MESTRADO EM EDUCAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA

“TÓPICOS DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA CONTEMPORÂNEAS NA EDUCAÇÃO
BÁSICA: RETRATOS DE UM DESAFIO DOCENTE”

Dissertação submetida ao Colegiado
do Curso de Mestrado em Educação
Científica e Tecnológica em
cumprimento parcial para a
obtenção do título de Mestre em
Educação Científica e Tecnológica

APROVADA PELA COMISSÃO EXAMINADORA em 12/12/2007

Dr.^a Sonia Maria Silva Corrêa de Souza Cruz (Orientadora)
Dr. Mikael Frank Rezende Junior (Examinador)
Dr. José André Peres Angotti (Examinador)
Dr. Fábio da Purificação de Bastos (Suplente)


Dr. José André Peres Angotti
Coordenador do PPGECT


Vanderlei André Cima

Florianópolis, Santa Catarina, dezembro de 2007.



**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**

**TÓPICOS DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA CONTEMPORÂNEAS NA
EDUCAÇÃO BÁSICA:
RETRATOS DE UM DESAFIO DOCENTE**

VANDERLEI ANDRÉ CIMA

Prof.^a Dra. Sônia Maria Silva Corrêa de Souza Cruz
Orientadora

Dissertação apresentada junto ao Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC – como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Educação Científica e Tecnológica.

Banca Examinadora

Dr^a. Sônia Maria S. C. de Souza Cruz (CFM/UFSC - Orientadora)
Dr. José André Peres Angotti (CED/UFSC - Examinador)
Dr. Mikael Frank Rezende Jr. (ICE/UNIFEI - Examinador)
Dr. Fábio da Purificação de Bastos (CED/UFSC - Suplente)

**FLORIANÓPOLIS – SC
2007**

À Giulia, Priscila e Noeli por
entenderem meus motivos e minha
ausência... À Iraci e Nildo (*in
memoriam*) pela minha existência...

AGRADECIMENTOS

Tão certo quanto dizer que os trabalhos acadêmicos de mestrado resultam de um empreendimento de pesquisa individual é afirmar que não são trabalhos solitários: uma caminhada destas só acontece em colaboração com outros. Muitas são as pessoas que, direta ou indiretamente, merecem créditos por contribuições, sugestões, críticas ou mesmo por inspirar encaminhamentos que culminaram nesta dissertação. Antecipo meu agradecimento àqueles e àquelas cujos nomes não estão relacionados e que, de uma forma ou outra, foram importantes para mim e para a pesquisa. Agradeço, especialmente:

À Prof. Dra. Sonia Maria Silva Corrêa de Souza Cruz, orientadora e amiga, por sua compreensão, inteligência, percepção, dedicação e por todas as contribuições essenciais para a pesquisa aqui desenvolvida;

Ao Prof. Dr. José André Peres Angotti, pela confiança, convivência e oportunidade de compartilhar sua experiência profissional e de vida;

Aos professores e colegas do PPGECT, pelo apoio que tornou possível o grande crescimento pessoal alcançado durante este processo, de onde resultam grandes amizades e minha profunda admiração por todos e todas;

À Prof.^a Terezinha de Fátima Pinheiro (*in memoriam*), por suas contribuições e incentivo. Sua falta não poderá ser superada, mas seu legado continuará gerando frutos para aqueles que investem na pesquisa em Ensino de Física;

Aos professores Mikael Frank Rezende Jr. e Fábio da Purificação de Bastos pelas importantes considerações ao trabalho e presença na banca avaliadora;

À equipe do Labcal (Prof. Nereu Estanislau Burin, Alexandre Barcellos e demais colaboradores) pelo total apoio na viabilização do espaço de pesquisa dentro do AVEA – Ambiente Virtual de Ensino-Aprendizagem – do CFM;

Aos colegas professores de Física do Ensino Médio que aceitaram o convite para participar da pesquisa, em especial os que dedicaram tempo para interagir no ambiente virtual. Foi com o apoio destes amigos e amigas reais e “virtuais” que este trabalho encontrou sua principal justificativa;

Aos meus alunos do Ensino Médio, principais motivos de minha incessante busca pelo aprimoramento pessoal e profissional;

Ao povo brasileiro, que por intermédio da CAPES proveu importante apoio financeiro;

Por fim, registro um agradecimento especial para meus familiares, que promoveram os estímulos necessários para a conclusão do curso de mestrado e, acima de tudo, acreditaram que o sonho seria possível. A trajetória de superação descrita durante os últimos dois anos é coroada com êxito graças às bases familiares, não há dúvidas.

A todos, muito obrigado.

“Conhece-te a ti mesmo”

Oráculo de Delphos

Encontramos o inimigo.

Somos nós.

Pogo Possum

RESUMO

Este trabalho apresenta resultados de uma discussão fomentada com professores de Física de diversas regiões do país acerca das dificuldades encontradas para tratar assuntos relacionados com Ciência e Tecnologia contemporâneas no ciclo final da educação básica. Como estratégia de pesquisa foi eleito um tópico - Nanociência e suas implicações – a partir do qual se elaborou uma proposta didática, posteriormente analisada e redimensionada a partir das colaborações do grupo de professores envolvidos. As discussões foram registradas em um ambiente virtual baseado no Moodle, de onde emergiram os principais elementos analisados. Os registros fundamentam a identificação de fatores que se auto-influenciam quando o professor busca os conhecimentos que julga serem necessários para o tratamento didático-metodológico de tópicos envolvendo conceitos de Física Moderna e Contemporânea (FMC). A partir da análise se conclui que a base de conhecimento dos professores em FMC demonstra fragilidades, além de ser fortemente influenciada por crenças que sinalizam dificuldades para a elaboração de propostas didáticas baseadas em tópicos envolvendo Ciência e Tecnologia contemporâneas, somando-se às dificuldades já identificadas na transposição desses saberes. A superação destes obstáculos sugere maior aproximação entre a pesquisa acadêmica em ensino de Física e aqueles que atuam no Ensino Médio, passando pela melhoria do processo de formação inicial e estabelecimento de uma política de formação permanente. Resulta a aposta de que o professor capacitado e seguro pode ser agente de transformação em seu cotidiano escolar.

Palavras-Chave: Saberes Docentes, Formação de Professores, Nanociência e Física Moderna, Ambientes Virtuais.

ABSTRACT

This work presents the results of a discussion fomented with Physics Teachers of diverse regions of the country concerning the found difficulties to deal with subjects related with Science and Technology contemporaries in the final cycle of basic education. The strategy of the research chose a topic - Nanoscience and its implications - from which it elaborated a proposal didactic, later analyzed and reformulated from the contributions of the teachers group. The discussions had been registered in a Moodle virtual environment, based on the main analyzed elements. This registers supply the identification of factors that influence when the teachers search in his base of knowledge those to know that judges to be necessary for the didactic-methodologic treatment of topics involving Modern and Contemporary Physics concepts (MCP). The conclusion of the analysis suggests that the base of knowledge of the teachers in MCP demonstrates strong fragilities, beyond being influenced by beliefs that signal difficulties for the elaboration of didactic proposals based in topics involving Science and Technology contemporaries, adding it the difficulties already identified in the transposition of these knowledge. The overcoming of these obstacles suggests greater approach enters academic research in education of Physics and teachers who act in Average School (Secondary School), including improvements in the process of initial formation and the establishment of politics of permanent formation. Finishing, one bets that the able professor can be agent of transformation in its pertaining to school reality.

Key-words: Teachers' Knowledge, Teacher Education, Nanoscience and Modern Physics, Virtual Environments.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Ilustração 1 - Modelo de Schoenfeld (1998, p.14)	63
Ilustração 2 - Triângulo Didático.....	66
Ilustração 3 - Função do Contrato Didático.....	86
Ilustração 4 - Convidados e seus respectivos Estados	100
Ilustração 5 - Tela de abertura do sistema AVEA-CFM.....	103
Ilustração 6 - Proposta e intervenção didática	111
Ilustração 7 - Tópicos de Discussão	122
Ilustração 8 - Registros dos colaboradores.....	126
Ilustração 9 - Um novo modelo	151

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Radiações e suas interações (BRASIL, 2006, p.59)	73
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação dos artigos publicados em periódicos.....	46
Tabela 2 - Acessos ao AVEA	123

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACT	Alfabetização Científica e Tecnológica
AVEA	Ambiente Virtual de Ensino-Aprendizagem
CBEF	Caderno Brasileiro de Ensino de Física
CED	Centro de Ciências da Educação
C&T	Ciência e Tecnologia
CFM	Centro de Ciências Físicas e Matemáticas
CH	Ciência Hoje (revista)
FMC	Física Moderna e Contemporânea
GRAF	Grupo de Reelaboração do Ensino de Física
LABCAL	Laboratório de Pesquisa em Ensino de Cálculo
OCEM	Orientações Curriculares para o Ensino Médio
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
PCNEM	Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio
PCSC	Proposta Curricular de Santa Catarina
RBEF	Revista Brasileira de Ensino de Física
RIEC	Revista Investigações em Ensino de Ciências
SBF	Sociedade Brasileira de Física
SED/SC	Secretaria de Estado da Educação, Ciência e Tecnologia do Estado de Santa Catarina
SEPEX	Semana de Ensino, Pesquisa e Extensão da UFSC
SNEF	Simpósio Nacional de Ensino de Física
TIC	Tecnologias da Comunicação e Informação
UNESP	Universidade Estadual Paulista
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina

SUMÁRIO

CAPÍTULO I – INQUIETAÇÕES.....	14
1 DELIMITANDO UM PROBLEMA.....	14
Introdução – Considerações do autor.....	14
1.1 Pesquisar – Por quê?.....	16
1.2 Estratégias da pesquisa.....	21
1.3 O trabalho e seus encaminhamentos.....	26
CAPÍTULO II – ILUMINANDO O MAR DAS POSSIBILIDADES.....	28
2 REFERÊNCIAS TEÓRICAS.....	28
Introdução.....	28
2.1 Definindo bases teóricas.....	35
2.2 Contexto Legal – Instrumentos Norteadores da Educação Básica.....	36
2.3 Contexto Acadêmico – A Pesquisa em Ensino de Física.....	41
2.4 Formação do Físico-Educador – Novos Contextos.....	47
2.4.1 Características básicas do Físico-Educador.....	49
2.5 Processos de construção do pensar pedagógico do professor.....	54
2.5.1 A Pedagogia e o Saber Ensinar.....	54
2.5.2 Investigando a docência.....	61
2.5.3 Transformando a base de conhecimento em saber escolar.....	66
2.6 Elementos de uma proposta didática em favor da autonomia.....	71
2.6.1 Temas, Abordagem Temática e Tópicos.....	75
2.6.2 ACT e CTS.....	77
2.6.3 Construindo modelos de uma realidade “invisível”.....	79
2.6.4 Aproximação entre o ensino/aprendizagem e os meios tecnológicos.....	82
2.6.5 Atividades experimentais negociadas.....	85
2.6.6 Avaliação.....	88
CAPÍTULO III – A IMERSÃO.....	90
3 ELEMENTOS DO ESTUDO.....	90
Introdução.....	90
3.1 Metodologia da pesquisa.....	91
3.2 Opções para interpretar os dados – a Análise de Conteúdo.....	93
3.3 Comunidades virtuais de aprendizagem – discussão em grupo.....	96
3.3.1 Grupo de Estudo – Novos espaços para discutir e crescer.....	98
3.3.2 Dilatando o tempo de interação.....	101
3.3.3 Moodle, a base do Ambiente Virtual de Ensino Aprendizagem.....	102
3.4 Locus Virtual para a solução de um problema real – as escolhas.....	106
3.4.1 Escolhendo um assunto.....	107
3.5 Elaboração da proposta temática – Nanociência e suas implicações.....	109
3.5.1 A escolha do tópico e o debate no grupo.....	118
CAPÍTULO IV – SUSTENTAÇÃO.....	121
4 DADOS, ANÁLISES, CONSIDERAÇÕES.....	121
Introdução.....	121
4.1 Fórum de discussões – fonte de elementos para análise.....	123
4.1.1 Categoria 1 - Metas do Ensino de Física.....	126

4.1.2 Categoria 2 - Crenças e Concepções sobre o processo de Ensino.....	136
4.1.3 Categoria 3 - Base de Conhecimento do professor	142
4.1.4 Um novo modelo?	151
4.2 Interações e colaboração no ambiente – algumas evidências	152
4.3 Podemos falar sobre Nanociência aos nossos alunos? - Primeiros resultados ..	156
CAPÍTULO V – PROVOCAÇÕES.....	161
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	161
Introdução.....	161
5.1 Para onde caminham os Professores de Física?	163
5.2 Colaboração na ação	165
5.3 Perspectivas Futuras e novas inquietações	167
REFERÊNCIAS	169
ANEXOS	179
Anexo I – Questionário aplicado durante minicurso da VI SEPEX.....	180
Anexo II – Carta de aceite do curso de formação de professores.....	181
APÊNDICE.....	182
Apêndice I – Resumo da Proposta Didática: Nanociência e suas implicações	183

CAPÍTULO I – INQUIETAÇÕES

1 DELIMITANDO UM PROBLEMA

Introdução – Considerações do autor

Iniciar na carreira no magistério público transformou minha vida, em todos os sentidos possíveis. Hoje penso diferente de ontem e, provavelmente, pensarei diferente amanhã. Como professor penso minha prática para alcançar os alunos, motivá-los. Creio que o estímulo para esta necessidade constante de reflexão seja um dos efeitos da minha graduação, concluída na UFSC no ano de 2004. Foi aí que tudo começou.

Hoje, menos que ontem, procuro respostas que expliquem meu interesse por esse caminho. A curiosidade sempre me acompanhou e a Física parecia ser um poço de respostas. Pasmado, encontrei nela um poço de perguntas ainda mais profundo. Aumentei minha curiosidade ao ponto de querer compartilhá-la com os outros. É isso que procuro fazer com meus alunos: compartilho as minhas perguntas. Essa é uma maneira que encontrei para trazê-los comigo na extensa caminhada que temos pela vida. Talvez eles aprendam menos comigo do que eu com eles e, apesar de externar isso constantemente, acredito que esses alunos não possam dimensionar o quanto isso significa para mim.

Contagiado por um “querer buscar mais”, graças a incentivos de professores e colegas da graduação, antes de concluir o curso de Física já me encontrava plenamente envolvido com a elaboração de um projeto de pesquisa para o degrau imediatamente posterior: o mestrado. Parecia ser um caminho natural para alguém que sentia necessidade de continuar algo que se transformara em um projeto de vida. Ao final deste trabalho tenho a certeza que esta foi a melhor escolha. Mais uma etapa do projeto está por ser concluída.

Os assuntos relacionados com a Física, em particular a Física Moderna e Contemporânea, aparecem como foco de interesse especialmente por apresentar modelos explicativos para muitas daquelas dúvidas que me motivaram a cursar Física. Entender um pouco do mundo que não é acessível aos nossos sentidos imediatos é algo indescritível, ainda mais quando se está inserido em um mundo tecnologicamente modificado, onde Ciência e técnica se complementam para gerar dispositivos eletrônicos fascinantes, responsáveis diretos pela nossa definitiva inserção na Era da Informação. De qualquer forma, mais gratificante do que entender os modelos criados pela Ciência para explicar o comportamento micro e macroscópico foi a oportunidade única de compartilhar, com professores e colegas, a forma como esses conhecimentos foram estabelecidos ao longo da história.

Quando fui apresentado à Epistemologia da Ciência uma carga de significação foi incorporada àquilo que eu conhecia. É bem verdade que em certos momentos da graduação os conhecimentos pareciam advir única e exclusivamente de idéias brilhantes ou dos experimentos bem conduzidos, concepção que entendo estar plenamente superada, ao menos para mim. A satisfação pessoal gerada foi imensa, mas não total. Ainda há muito para pensar, compreender, aceitar.

Ao buscar minhas respostas, como já citei, surgem outros questionamentos e um deles gerou esse trabalho. Depois de ler muito sobre como a Física poderia ser ensinada de forma diferente e de ter sido “graduado” para fazê-lo “quando necessário”, percebi que a realidade da escola pública não comportava muitas das proposições que eu conhecia ou que eram necessárias adaptações. Apesar do pouco tempo em sala de aula, a realidade escolar parecia-me familiar há tempos. Daí eram dois caminhos a seguir: aceitar e conviver com as dificuldades ou propor alternativas. A segunda opção foi escolhida, ciente que essa não seria uma tarefa simples.

Longe de solucionar todos os problemas, mas certo de contribuir para minorá-los, resolvi mergulhar em uma questão: por que a maioria dos professores que conheço apresenta algum tipo de dificuldade, ou de outra forma, alguma resistência em tratar com seus alunos aquela parte dos conhecimentos físicos desenvolvidos a partir do século XX, que muitos autores definem como sendo o tempo onde surge a Física Moderna? Imaginando que a partir desse entendimento seria possível identificar algumas das barreiras interpostas ao efetivo tratamento

desses assuntos e, quem sabe, apresentar alguns indicativos de como enfrentar este problema, fui em frente.

O que se lê a seguir é o resultado de intensas batalhas entre dois personagens que insistiram, durante todo o processo de construção deste trabalho, em ocupar o mesmo lugar no espaço, disputando um único corpo físico: o professor do Ensino Médio (minha profissão) e o pesquisador iniciante (minha opção). Ao final da disputa se percebe que os dois apresentaram contribuições importantes: da parte do professor restaram indagações e angústias daquele que vive a sala de aula, angústias estas que serviram de motor para o trabalho investigativo do outro, o pesquisador, onde sobraram as luzes e as novas provocações...

1.1 Pesquisar – Por quê?

No Brasil, a pesquisa em Ensino de Física constrói sua história há mais de três décadas. Aliado ao sentimento de conquistas significativas em prol da melhoria do processo de ensino/aprendizagem está a constatação de que ainda existem questões que merecem investimentos da pesquisa. Entre as preocupações mais recentes está a atualização dos conteúdos abordados no Ensino Médio, vislumbrada principalmente através da inserção de conceitos relacionados com Física Moderna e Contemporânea e os conseqüentes desdobramentos tecnológicos no Século XX e XXI. A preocupação existe, em parte, porque o processo de renovação curricular já experimenta estágios avançados em outros países e porque a sociedade tecnológica estabelecida cobra, direta ou indiretamente, uma melhor qualidade de ensino, o que implica conteúdos renovados condizentes com essa nova realidade social. É neste contexto que se situam as justificativas para a pesquisa aqui relatada.

Consonante com Ostermann e Moreira (2000), que realizaram uma ampla revisão bibliográfica a respeito de “Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio”, selecionamos algumas justificativas relativas à necessidade de inserção dessa parte da Física no currículo do ensino médio, que por si só amparam as discussões que fazemos durante todo o trabalho. Da mesma forma, citamos que para Terrazzan (1992,1994) a tendência de atualizar-se o currículo de Física

justifica-se pela influência crescente dos conteúdos contemporâneos para o entendimento do mundo criado pelo homem atual, bem como a necessidade de formar um cidadão consciente e participativo que atue nesse mesmo mundo.

Barojas (1988) registra que durante a III Conferência Interamericana sobre Ensino de Física foi organizado um grupo de trabalho para discutir o ensino de Física Moderna. Na discussão, foram levantadas inúmeras razões para a introdução de tópicos contemporâneos na escola média. Dentre elas destacam-se:

- Despertar a curiosidade dos estudantes e ajudá-los a reconhecer a Física como um empreendimento humano e, portanto, mais próxima a eles;
- Os estudantes não têm contato com o excitante mundo da pesquisa atual em Física, pois não vêem nenhuma Física além de 1900. Esta situação é inaceitável em um século no qual idéias revolucionárias mudaram a Ciência totalmente;
- É do maior interesse atrair jovens para a carreira científica. Serão eles os futuros pesquisadores e professores de Física;
- É mais divertido para o professor ensinar tópicos que são novos. O entusiasmo pelo ensino deriva do entusiasmo que se tem em relação ao material didático utilizado e de mudanças estimulantes no conteúdo do curso. É importante não desprezar os efeitos que o entusiasmo tem sobre o bom ensino;
- Física Moderna é considerada conceitualmente difícil e abstrata; mas, resultados de pesquisa em Ensino de Física têm mostrado que, além da Física Clássica ser também abstrata, os estudantes apresentam sérias dificuldades conceituais para compreendê-la.

Stannard (1990) justifica a atualização curricular ao relatar um levantamento feito com estudantes universitários que mostrou que é a Física Moderna - relatividade restrita, partículas elementares, teoria quântica, astrofísica - que mais os influencia na decisão de escolher Física como carreira.

Gil et al. (1987) acreditam que o ensino de FMC a alunos secundaristas se reveste de grande importância, uma vez que a introdução de conceitos atuais de Física pode contribuir para dar uma imagem mais correta desta Ciência e da própria natureza do trabalho científico. Esta imagem deve superar a visão linear, puramente cumulativa do desenvolvimento científico.

Paulo (1997) considera pertinente a introdução de FMC no ensino médio,

visto que esta faz parte do cotidiano da sociedade contemporânea. Ao ter noções de tópicos de FMC, o aluno dará sentido à Física, fazendo relações com o mundo que o cerca. Acredita, também, que a introdução da FMC no currículo das escolas pode proporcionar a superação de certas barreiras epistemológicas fundamentais para o conhecimento do indivíduo sobre a natureza. Para esse autor, o entendimento de FMC fará o indivíduo ter uma capacidade cognitiva maior.

Valadares e Moreira (1998) também concordam que é imprescindível que o estudante do ensino médio conheça os fundamentos da tecnologia atual, já que ela atua diretamente em sua vida e pode definir seu futuro profissional. É importante a introdução de conceitos básicos de FMC e, em especial, fazer a ponte entre a Física da sala de aula e a Física do cotidiano.

Com base nessas justificativas é possível sugerir uma hipótese: há um forte indicativo, tanto nacional como internacional, da necessidade de atualização dos currículos de Física e muitas motivações para tal ato. No entanto, constata-se também que ainda é reduzido o número de trabalhos que se propõe a enfrentar essa problemática sob a ótica do ensino e mais, a pesquisa em Ensino de Física carece em oferecer soluções viáveis de enfrentamento a esse desafio, particularmente quando nos defrontamos com a realidade da escola pública brasileira. Além disso, ainda é possível perceber que o contexto de aplicação de grande parte das propostas geradas nos meios acadêmicos é bastante restrito, desconsiderando fatores relevantes como a falta de recursos materiais e as possíveis dificuldades do professor com relação ao assunto tratado, entre outras tantas barreiras que precisam ser superadas.

Por esse e outros motivos entende-se como fator essencial identificar o papel do professor neste processo, responsável direto pela elaboração das estratégias para o ensino, visando ampliar os arcabouços teórico-metodológicos necessários à realização de um trabalho didático que permita a esse profissional implementar ações inovadoras em sala de aula, sem perder de vista as condições disponíveis para desencadear tal processo. Não é utópico pensar que é possível ensinar Física Moderna, desde que se considere a existência de limites para efetivação deste ensino, que transitam desde a formação de professores até a estrutura física da escola e jornada de trabalho dos docentes. Contornar estes limites é o grande desafio que precisa ser vencido caso queiramos efetivar mudanças na direção de um ensino mais amplo e formador. Neste trabalho se

discutem algumas das condições de contorno desta árdua tarefa transformadora, sem esgotá-las.

A pergunta que motivou a pesquisa e gerou esta apresentação de resultados, na forma de dissertação, nasce dentro de um contexto de vivência do investigador, o que a torna ainda mais significativa. Ora, vive-se a situação e se percebe que o entorno deixa transparecer a ânsia por respostas condizentes com a realidade da escola dos dias atuais. Os desafios existem para serem vencidos. Não é gratuito que muitos professores de Física se questionam sobre sua atuação enquanto profissionais, sua formação, a gerência de sua formação contínua, sobre a Física que se ensina na escola, sobre aquilo que seus alunos esperam do conhecimento, sobre o modelo de sociedade na qual estamos imersos. Outros tantos profissionais ainda resistem e parecem não perceber a importância das mudanças em suas práticas, pois os tempos são outros e as necessidades foram alteradas pela sociedade da informação, onde as tecnologias da informação e comunicação (TIC) geram novos espaços de conhecimento (GADOTTI, 2000).

Aqueles que vislumbram novas possibilidades para o ensino da Física Escolar, e os que ainda não perceberam os sinais da mudança, têm consciência das inúmeras dificuldades inerentes ao processo de ensinar os conteúdos físicos. Essas dificuldades são estendidas quando estes conteúdos fazem referência à Física do Século XX. A barreira é ampliada a tal ponto que alguns professores simplesmente ignoram a importância dos conhecimentos desenvolvidos durante o último século, excluindo de seus planejamentos curriculares qualquer possibilidade do tratamento sistematizado de temas relacionados com Física Moderna e Contemporânea (FMC). Se por um lado esta realidade não pode ser desconsiderada, por outro não podemos minimizá-la às escolhas do professor em tratar ou não tais assuntos.

Uma das frentes de pesquisa sobre os motivos que levam os professores a falar sobre certos assuntos e a omitir outros é promover um entendimento mais profundo sobre a própria ação docente, na tentativa de identificar quais os principais recursos¹ que o professor mobiliza quando resolve tratar um tema relacionado com FMC no Ensino Médio. Assumindo que o agente de mudanças é o professor, ao identificar estes recursos é possível traçar estratégias de formação inicial e continuada que possam suprir as carências identificadas, reforçando a idéia de que os processos de formação são essenciais para a instauração de um quadro de

¹ Cognitivos, didáticos, materiais, motivacionais, entre outros...

mudança efetiva, na direção de uma educação pela autonomia dos envolvidos.

As estratégias de pesquisa envolvem avaliar, a partir da perspectiva do professor de Física do Ensino Médio, quais as principais dificuldades encontradas para elaborar uma PROPOSTA DIDÁTICA² que permita tratar um tópico envolvendo Ciência e Tecnologia contemporâneas para o Ensino Médio. Da mesma forma avaliamos como uma ampla base de conhecimentos, entre os quais se situam conceitos de FMC, é acionada diante de uma situação de ensino originada em um tema. Deste ponto se direcionam alguns caminhos seguidos pelo pesquisador, que podem ser concebidos como objetivos específicos geradores das amarras necessárias para a sustentação das situações analisadas:

- Traçar um panorama das propostas de mudança no ensino de Física, através da identificação das atuais propostas de inserção de FMC em nível médio prescritas nos documentos oficiais e nos meios de divulgação das pesquisas acadêmicas (periódicos e produções acadêmicas), avaliando a efetividade do processo na última década e as tendências para os próximos anos;
- Viabilizar um espaço virtual para discussão que reúna um grupo de professores habilitados em Física das mais diversas regiões do país, utilizando recursos de telemática para a interação entre os componentes, doravante denominados colaboradores, visando obter dados empíricos para análise. Um ambiente virtual de ensino-aprendizagem foi customizado para tal função;
- Elaborar uma proposta didática para abordagem de um tema³ relacionado com FMC, coordenando o grupo na direção da avaliação dos limites e possibilidades do produto gerado. Reescrever a proposta final a partir das contribuições do grupo e avaliar como os docentes enfrentam (se é que isto ocorre!) a questão da inserção de temas relacionados com FMC no Ensino Médio. Desta forma se espera contribuir com a área de pesquisa em Ensino de Física na composição de um retrato mais fiel das reais necessidades da formação e ação docente.

² Entendida como o detalhamento das estratégias de ação do professor para tratar um determinado assunto, resultando em um planejamento minimamente detalhado dos encaminhamentos em sala de aula.

³ Escolhido a partir de matéria publicada em revista de divulgação científica acessível ao grande público, com possibilidades de explorar conteúdos relacionados com FMC. A opção, detalhada mais adiante, foi pela Nanociência e suas implicações. Ver APÊNDICE I, na página 183.

1.2 Estratégias da pesquisa

O resultado de um processo natural de amadurecimento, aliado à ampliação das leituras que fornecem sustentação para as proposições apresentadas, se consolida na forma de uma proposta de pesquisa e de suas conclusões, explicitado nos encaminhamentos adotados. Consideramos de suma importância detalhar os principais passos que permitiram construir este trabalho, acreditando que isto possa ajudar o leitor a dimensionar o tamanho da estrutura envolvida neste processo e a forma como se alcançou os resultados doravante apresentados.

Quando se resolveu explorar um tema em torno do Ensino de Física Moderna e Contemporânea na escola secundária, identificado aqui como uma linha de pesquisa em franca expansão e que carece atenção, quase que automaticamente o professor foi colocado no foco do processo investigativo. Consideramos que esta seria a melhor opção⁴, pois ouvir aquele que é um dos principais responsáveis pela efetivação de mudanças em sala de aula surge como uma possibilidade para ampliar os resultados da pesquisa, permitindo gerar eco além do círculo de contato mais imediato, chegando até outros docentes, por vezes, alijados dos muitos resultados que as pesquisas vêm apresentando. As ações foram pensadas em termos de comportar essa primeira constatação, permitindo alcançar os outros parâmetros propostos.

Permitindo que o professor expresse sua opinião quanto a essa nova realidade que o ensino de Física principia a enfrentar, desejamos obter indicativos se realmente está havendo alguma preocupação desses profissionais com a inserção da Física do século XX / XXI em nível médio. Entretanto, sabemos que não seria tão difícil convencê-los que um novo quadro está por se instalar, bastando recorrer aos inúmeros apelos destacados na justificativa deste trabalho. Também é sabido que cada vez mais os próprios alunos cobram do professor respostas à questionamentos sobre temas atuais que envolvem, em sua maioria, conhecimentos que vão além daqueles sistematizados pela Física Clássica. Essa atitude dos alunos

⁴ A opção concorda com autores como Krasilchick (1987, p.45), que já afirmava ser o professor quem decide, em última instância, sobre a utilização de materiais curriculares atualizados, ou seja, é aqui tomado como o próprio agente de mudança.

é motivada principalmente pela grande disseminação e facilidade de acesso à informação proporcionada pela Internet e pelos meios de comunicação de massa, entendidos como um modo de educação não formal⁵. Hoje, é absolutamente normal encontrar alunos que perguntam sobre o funcionamento dos mais diversos equipamentos que resultam dos avanços tecnológicos, sobre progressos da medicina, uso da energia nuclear, nanotecnologia, novos materiais, e muito, muito mais. Também é aceitável que o professor do ensino médio não se sinta inteiramente à vontade quando se propõe a responder tais questionamentos. Afinal, boa parte dos conhecimentos necessários para responder às perguntas dos alunos não foram suficientemente trabalhados em sua formação inicial, ou receberam um tratamento que não permite adequação de linguagem para esse nível de ensino, caracterizando um problema de ordem epistemológica. De outra forma, existem diversos conceitos que requerem tratamento matemático elaborado e alto nível de abstração para serem entendidos. Os processos de formação continuada praticamente inexistem e devido à excessiva carga horária que os professores precisam cumprir para garantir seu sustento, surgem implicações que comprometem também a gestão do processo de auto-formação, seja por falta de tempo ou até mesmo de recursos para investir em sua carreira, adquirindo publicações ou participando de eventos. Se de um lado esses problemas podem trazer à tona algumas das respostas procuradas, por outro devem mostrar como os professores se esforçam em contorná-los, pois é notório que a maioria deles realiza trabalhos relevantes em função das necessidades de seus alunos.

Diante da necessidade de revelar, metodologicamente, os dados que serão posteriormente analisados, fez-se a opção em compor um grupo de discussão com professores de Física, idéia motivada principalmente pela aposta que a interação entre pesquisador e pesquisados poderia ampliar o número de elementos necessários ao entendimento da questão central. Outro forte motivador para a criação de um grupo de estudos é a intenção de mantê-lo depois da pesquisa e mostrar a viabilidade de propostas semelhantes a esta. A interação dentro do grupo surge como elemento motivador para os membros e para o pesquisador, que atua

⁵ Muitos autores discutem sobre espaços de educação não formal, destacando a importância para a formação do indivíduo. Uma discussão interessante pode ser acessada em EDUCAÇÃO NÃO FORMAL E A DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA: O QUE PENSA QUEM FAZ? Marandino, Martha et al. em <http://paje.fe.usp.br/estrutura/geenf/textos/oquepensa_trabcongresso5.pdf>, acessado em 18/06/2006.

como moderador e se encarrega de fomentar as discussões. Além do mais, ao permitir que os participantes compartilhem experiências e opiniões com seus colegas existe a possibilidade de gerar uma contribuição maior do grupo e para o grupo do que se fossem indagados individualmente sobre as questões da pesquisa. Nesse contexto, os integrantes passam a ser vistos como COLABORADORES e não meros participantes entrevistados.

A formação de um grupo de estudos implica, necessariamente, em encontros para discussão. Como já citado anteriormente, a maioria dos professores de Física apresenta sobrecarga de trabalho, seja por causa do número excessivo de aulas, atividades extra-classe ou outros motivos particulares, tornando a idéia do grupo de estudos no mínimo audaciosa. Diante desse quadro se apresenta uma alternativa que se julgou válida, num primeiro momento, e se justificou ao final: a criação de um espaço assíncrono e VIRTUAL.

Pesquisas com estas características somente são efetivadas com doses equilibradas de pragmatismo e idealismo, mesmo sem garantia que a partir destes elementos os objetivos sejam alcançados plenamente. Do pragmatismo se busca elementos para análise e rigor na documentação. Do idealismo se busca inovações e soluções práticas para obter os dados. Foi com este intuito que chegamos até o *Ambiente Virtual de Ensino-Aprendizagem* - AVEA, desenvolvido por uma equipe interdisciplinar para atender as demandas do Projeto Político Pedagógico do curso de Licenciatura em Física a Distância, mantido pelo CFM – Centro de Ciências Físicas e Matemáticas da UFSC. Utilizamos uma customização do ambiente Moodle⁶ desenvolvida pela equipe do LAED – Laboratório de Ambiente para Educação a Distância – que é coordenada pelo professor Nereu Burin. Esta customização usa a mesma base do ambiente utilizado nos cursos de EAD da UFSC, porém foi adaptada para os cursos presenciais de Matemática e Física.

Para as pretensões deste projeto de pesquisa o espaço virtual foi alocado em um formato onde as ferramentas como fórum de discussão, chats on-line (sessões de bate-papo) e correio eletrônico se integram, fornecendo excelentes meios para comunicação síncrona e assíncrona. Foi assim que se criou um lugar para os encontros do grupo, um *locus virtual*. Sem menosprezar a importância dos encontros presenciais, o espaço virtual desobriga os colaboradores da pesquisa em

⁶ Acrônimo de *Modular Object-Oriented Dynamic Learning*, o Moodle é um software livre, de apoio à aprendizagem, executado num ambiente virtual. Ver detalhes adiante, na página 103.

onerar o pouco tempo disponível e não torna uma pesquisa como esta inviável, pelo contrário, a enriquece. Ao final dos trabalhos restam elementos significativos que justificam essa escolha inovadora e audaciosa.

Em função do foco da pesquisa ser o professor de Física do ensino médio considerou-se necessário que os colaboradores possuíssem formação em Física, estivessem atuando em sala de aula e mais, se disponibilizassem voluntariamente a participar das atividades desenvolvidas durante a pesquisa. A primeira exigência se justifica pelo fato de estar em questão, entre outras coisas, discussões acerca da formação do professor. A presença em sala de aula visava trazer à tona elementos da atual realidade do ensino da Física, tornando mais nítidas certas imagens do rico ambiente escolar, mais um dos pontos em análise neste trabalho. A presença voluntária se faz necessária em função do tipo de pesquisa que se pretendia realizar. Ao pesquisador restou a difícil tarefa de reunir um determinado número de pessoas para integrar um grupo de estudos. Nesse sentido foram convidados vários professores, com os quais o pesquisador já havia tido contato em momentos diversos. A boa aceitação por parte dos convidados sugeriu indícios que a formação do grupo poderia superar as expectativas iniciais de comportar entre oito e doze colaboradores. Foram aceitos vinte convites. Após a leitura integral deste documento poderá se verificar que não houve a efetiva participação de todos, sendo que os motivos desta falta de engajamento no processo não ficaram esclarecidos.

Na dinâmica das ações dentro do grupo o pesquisador assumiu o papel de moderador das discussões, além de conduzir os colaboradores em questionamentos que atendessem aos objetivos da pesquisa. Nessa perspectiva e considerando o formato do ambiente onde os dados foram obtidos, o pesquisador surge como aquele que estabelece o início e o fim de uma discussão, elenca os tópicos que serão tratados, podendo atender às solicitações do grupo, caso lhe convenha. Ao fim da leitura deste será possível perceber que o processo dentro do ambiente de discussão se apresentou dinâmico e delineou contornos próprios, cabendo ao pesquisador/moderador identificar o momento em que novos assuntos poderiam ser inseridos ou quando uma discussão já se apresentava esgotada, além de motivar constantemente os colaboradores.

A priori, dois momentos foram pensados: uma discussão inicial sobre ensino de Física e suas limitações e, por fim, a análise de uma proposta didática elaborada a partir de um tema envolvendo FMC, mais especificamente a

Nanociência e suas implicações. O primeiro momento serviu para ambientação e discussão de assuntos mais gerais envolvendo a prática de cada professor participante e a visão dos membros do grupo sobre a questão da FMC para o Ensino Médio. No segundo momento é apresentada ao grupo uma proposta de intervenção em sala de aula, gerada a partir de um tema atual⁷ previamente definido pelo pesquisador/moderador, sob a qual residem algumas das bases conceituais de Física Moderna. Este tipo de proposta partiu do princípio de que este tipo de exercício não é algo inteiramente novo para os colaboradores, sendo análogo ao trabalho que o professor realiza quando transforma em planejamento seus objetivos de ensino, identificando como alguns conceitos devem se inter-relacionar na explicação de determinado fenômeno. O que se pretende é ir um pouco além, sistematizando esse trabalho em um formato que permita justificar as escolhas adotadas pelo grupo e pelo pesquisador.

A partir dos registros do ambiente virtual fica evidenciado como o processo ocorreu, quais os principais assuntos discutidos, as dificuldades encontradas, o comportamento dos professores dentro do ambiente virtual, as avaliações feitas sobre os produtos gerados, entre outras coisas. A interação do grupo, estimada inicialmente para ser de 120 (cento e vinte) dias foi estendida para mais de 250 (duzentos e cinqüenta) dias, por conta da demora nas respostas e do número reduzido de registros no fórum, especialmente nos últimos noventa dias da pesquisa, abaixo das expectativas iniciais. Por esse motivo as ferramentas de e-mail convencionais (fora do ambiente) foram valorizadas principalmente durante a última etapa.

⁷ O tema escolhido se baseou em matérias publicadas nas mais diversas revistas de divulgação científica, que representam materiais de fácil acesso tanto aos professores como aos alunos. Essa escolha unilateral é justificada pela necessidade de intervenção do pesquisador no grupo, considerando que o tema proposto gera interpretações diferentes entre os colaboradores. Essas diferenças fomentaram boas discussões, das quais se extraiu informações importantes que constam deste documento. A opção pela Nanociência é justificada em momento apropriado, dentro do Capítulo III.

1.3 O trabalho e seus encaminhamentos

Durante o processo de seleção para ingresso no Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica – PPGECT – surgiram questionamentos sobre a contribuição que a pesquisa poderia gerar para a área na qual está inserida. A preocupação com o resultado do trabalho e sua efetiva contribuição foi colocada como foco para o desenvolvimento do projeto. O resultado desse processo de desconstruções e reconstruções foi o encaminhamento da pesquisa para a discussão sobre a formação do professor de Ciências em geral, particularmente do professor de Física.

A convivência do pesquisador com uma realidade que instiga à procura de alternativas para o ensino, aliada a possibilidade de compartilhar problemas e soluções com outros professores de Física do Ensino Médio motivou a formação de uma rede de *colaboradores*, grupo composto por professores licenciados em Física. Um ambiente virtual surgiu como locus para discussão e obtenção de elementos para análise. A construção desse espaço de discussão é objeto de exame mais detalhado, em função da importância que representa para este trabalho. Também é imprescindível discutir a forma como os membros do grupo de estudos foram selecionados, o que permite entender algumas das opções feitas nesse trabalho, justificando-as.

Assim, se prevê que os encaminhamentos da pesquisa devam conduzir à redação final da dissertação com cinco capítulos. No primeiro se pretende esclarecer o que realmente foi buscado e quais os procedimentos adotados para compor o grupo de estudos que forneceu os elementos de análise deste trabalho, com destaque para as referências metodológicas. O segundo capítulo explicita os referenciais teóricos que amparam as discussões desenvolvidas durante a pesquisa, fornecendo a base para conclusões e apontamentos que esta dissertação propõe. No terceiro capítulo são apresentados e discutidos os elementos obtidos da interação do grupo de professores envolvidos na pesquisa, apontadas justificativas para as escolhas e opções metodológicas adotadas e a descrição do processo de construção da ferramenta utilizada para obter as informações analisadas. O quarto capítulo resulta da análise das situações propostas e dos demais elementos obtidos durante o processo, explicitando conclusões e indicando um quadro de perspectivas

futuras. Novas provocações tomam o quinto capítulo, indicando a existência de um “poço de potencial” sobre o qual não sabemos exatamente o tamanho das barreiras ou a energia necessária para vencê-las. Os diversos tipos de documentos que forneceram uma base para análise integram as referências da pesquisa, que precedem os anexos no final do documento.

A saber: além de um registro documentado, formal, elaborado com nos moldes de um relatório científico, de natureza dissertativa e monográfica, apresentando resultados da pesquisa realizada num curso de mestrado, a dissertação deve advir de “um exigente processo de pesquisa e de reflexão, sustentado em referências teóricas, praticado de acordo com procedimentos metodológicos e técnicos apropriados” (SEVERINO, 2002, p. 73). Por isso se justifica cobrar do aprendiz de pesquisador atitudes de rigor, método e sistematização ante os objetos de conhecimento. Aliada às dificuldades inerentes ao processo, um dos maiores desafios é manter um distanciamento mínimo entre o pesquisador e a realidade na qual já se encontra imerso. Não se deve desconsiderar o fato da pesquisa estar sendo conduzida por um professor de Física do Ensino Médio, efetivo e recém ingresso na carreira do magistério público, envolto em uma situação de conflito entre suas concepções acadêmicas e os limites impostos pela realidade escolar. Sobretudo, não se pode esquecer que além da obrigação de exprimir o pragmatismo acadêmico, este texto é carregado de idealismo, sem o qual não haveria motivos que justificassem tal esforço pessoal.

CAPÍTULO II – ILUMINANDO O MAR DAS POSSIBILIDADES

2 REFERÊNCIAS TEÓRICAS

Introdução

“Pensar não se reduz a falar, classificar em categorias ou abstrair: Pensar é agir sobre o objeto e transformá-lo” – Jean Piaget.

Mas como podemos agir sem conhecer a realidade que nos cerca? O amplo exercício da cidadania baseia-se no conhecimento das formas contemporâneas de linguagem e no domínio dos princípios científicos e tecnológicos que atuam na produção moderna. Nossas escolas devem estar preparadas para enfrentar esse desafio, cada vez mais presente em sala de aula. Os estudantes do Ensino Médio sentem-se, por um lado, atraídos e até mesmo “seduzidos” pela tecnologia cada vez mais disponível. Os professores, de outro lado, encontram dificuldades para acompanhar esse processo evolutivo (ausência de textos, materiais paradidáticos, programas de ensino, etc.), pressionados cada vez com mais intensidade: os vestibulares introduzem questões que abordam conteúdos de Física Moderna; a nova Lei de Diretrizes e Bases (LDB) estabelece a necessidade da inserção de conteúdos atualizados; os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), em suas mais diversas versões, realçando o posicionamento da LDB; a mídia exhibe matérias relacionadas à tecnologia; os alunos questionam.

Não se pode mais ignorar a necessidade de ensinar Física de forma diferente, atualizada com as necessidades do aluno e da sociedade. É ponto comum que esse processo constitui fator primordial para a formação de indivíduos que devem atuar em uma sociedade imersa em um meio repleto de ambigüidades (benefícios x prejuízos), decorrentes dos avanços tecnológicos provenientes das

pesquisas científicas. Os desafios agigantam-se.

A pesquisa em Ensino de Física mantém a busca por mecanismos que auxiliem na superação do desafio de abordar temas atuais relacionados com Ciência e Tecnologia (C&T) contemporâneas, que extrapolam a base de conhecimentos estabelecida há mais de um século. Da mesma forma, é difícil dimensionar a tarefa de integrar estes novos saberes da Física Moderna e Contemporânea com aqueles da Física Clássica, compreendida desde o estabelecimento da Mecânica de newtoniana até a consolidação do Eletromagnetismo de Maxwell. Ora, enquanto a Física produzida a partir do século XX ainda busca seu espaço como saber escolar a Física Clássica é resultado de um extenso processo de Transposição Didática⁸ que lhe confere validação em diversos grupos sociais com nichos epistemológicos⁹ bem definidos. Além disso, o encadeamento final deste processo sugeriu um caráter progressivo, cumulativo e linear a este conhecimento e a partir do qual se estabeleceu uma tradição escolar que vem sendo alimentada ao longo dos anos. Também é possível perceber que durante o processo de transformação dos saberes da Física Clássica muitos conteúdos se tornaram banais e, por pressões dos próprios grupos, foram descartados (ALVES FILHO; PINHEIRO; PIETROCOLA, 2001, p.83). Percebemos isso em setores de influência como o poder público, que através de suas políticas de ensino fornece indicativos de promoção ou supressão de certos conteúdos curriculares tradicionais. Essa última constatação transparece em documentos oficiais, especialmente naqueles que apresentam propostas de atualização das práticas pedagógicas, como se evidencia nos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio - PCNEM (2000):

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. Como cada Ciência, que dá nome a cada disciplina, deve também tratar das dimensões tecnológicas a ela

⁸ Processo de adaptação do saber (ou conhecimento), tratado com mais detalhes neste trabalho no item 2.5.3, p. 66.

⁹ Segundo os preceitos teóricos da Transposição Didática, a existência de três níveis de *saberes* (*sábio, a ensinar e ensinado*) sugere a existência de diferentes grupos sociais responsáveis por cada um desses saberes, compondo a Noosfera. Entretanto, apesar de diferentes, os grupos se interligam e se influenciam, fazendo parte de um ambiente mais amplo, que se convencionou denominar noosfera (ALVES FILHO; PINHEIRO; PIETROCOLA, 2001, p.79).

correlatas, isso exigirá uma atualização de conteúdos ainda mais ágil, pois as aplicações práticas têm um ritmo de transformação ainda maior que o da produção científica (BRASIL, 2000b, p. 8).

Frente às pressões externas e internas das esferas envolvidas na sistematização do conteúdo que será ensinado, surge a necessidade da implementação de um novo contexto epistemológico, que a priori nasce dos mesmos preceitos descritos na teoria da Transposição Didática, ou seja, traz consigo a necessidade de modernizar o saber escolar, atualizar o saber a ensinar, articular o saber novo com o antigo, tornar os conceitos mais compreensíveis e, a medida do possível, transformar o novo saber em problemas e exercícios, mantendo sempre constante a necessária vigilância epistemológica. As pressões externas, exercidas pelo poder público e por grande parte da comunidade, são refletidas pelo texto dos PCNEM :

O ensino de Física tem-se realizado freqüentemente mediante a apresentação de conceitos, leis e fórmulas, de forma desarticulada, distanciados do mundo vivido pelos alunos e professores e não só, mas também por isso, vazios de significado. Privilegia a teoria e a abstração, desde o primeiro momento, em detrimento de um desenvolvimento gradual da abstração que, pelo menos, parta da prática e de exemplos concretos (BRASIL, 2000b, p. 22).

Por outro lado, reflexos de um desejo interno dos grupos de educadores e formadores de professores já indicavam a necessidade de mudança, entre eles citamos Zanetic (1989), que acredita no oferecimento de um conteúdo de Física que consiga transmitir um pouco do que seja da “cultura científica” viva, presente no contínuo aperfeiçoamento deste ramo das Ciências exatas.

Se a necessidade de mudança é eminente, muitos são os desafios que sobressaltam aos nossos olhos. Apesar de muitos livros didáticos para o ensino médio exercerem esforços consideráveis para inserir assuntos relativos à Física do século XX, na maioria dos casos esses temas são apresentados ao final do “último volume”, no terceiro ano e, como consequência acabam não sendo abordados. Agravando esse quadro, os conceitos da Física Moderna e Contemporânea não encontram parâmetros (análogos) na estrutura da Física Clássica, além do que apresentam carência de fenomenologia¹⁰, como afirma Rezende Jr. (2001):

¹⁰ Nesse contexto entendemos o termo como fenômenos diretamente observáveis, acessíveis e presentes no cotidiano.

“No caso da Física Moderna e Contemporânea (FMC) para o Ensino Médio, a ausência do fenômeno caracteriza uma impossibilidade, visto que, na forma tradicional de Transposição Didática, não existe condições de prover uma discussão de elementos da FMC com características formativas”. (p. 62)

Não bastassem os problemas ligados à operacionalização dos conteúdos da Física Moderna e Contemporânea, surge também a necessidade de avaliar os impactos da formação inicial do professor de Física em sua prática, visto que esse fator influencia decisivamente nas escolhas que o profissional realiza dentro da sala de aula, podendo adotar posturas menos tradicionais se houver uma base estruturada para que isso ocorra. Para que isso venha a se efetivar, algumas barreiras precisam cair.

Os cursos de licenciatura em Física, em geral, não levam em consideração a aproximação do ensino da Física com o uso da história e da filosofia; as relações entre Ciência, tecnologia e sociedade; a tendência atual de um ensino menos fragmentado e mais interdisciplinar, de modo que não é difícil imaginar as dificuldades por que passam professores de Física no exercício de seu ofício (MOTA, 2000, p.29).

Entre as conclusões de sua dissertação, Mota (2000, p.90) também indica que os licenciados não se sentem preparados para ensinar tópicos de FMC no ensino médio e creditam essa falta de preparo a pouca ou nenhuma ênfase dada pelas licenciaturas a esta área do ensino da Física. Quanto à atitude mais conservadora das ações em sala de aula, especialmente em relação aos conteúdos de FMC, Camargo (1996, p.161) já apontava que apesar da vontade de inovar presente em alguns professores, ainda prevalecia forte tendência ao ensino tradicional, influenciada por fatores como:

- a noção de linearidade de conteúdo e a crença em “pré-requisitos”;
- enxergar a Ciência como produto acabado;
- entender que o domínio do conceito só acontecerá se vier acompanhado de uma exaustiva lista de exercícios, com ênfase no formulismo;
- a adoção de textos que possuem como objetivo essencial o concurso vestibular, contemplando a técnica da memorização.

Fazendo um breve resgate histórico se percebe que alguns estudos publicados já indicavam que a formação inicial não forneceria todos os subsídios necessários para que o professor trabalhasse assuntos relativos à Física Moderna e Contemporânea. Villani (1988) apontava ser comum admitir que os professores de

ensino médio possuísem formação inicial inadequada ou “livresca”, além do que a abordagem conceitual superficial, ou seja, conhecimentos fragmentados em Física Clássica e pouca ou nenhuma formação em Física Moderna, eram marcas dos cursos de licenciatura, constatação que não se afasta muito de nosso quadro atual. Moreira (1989) cita a pressão externa exercida sobre o ensino de Física, apresentando-a como agente de mudança, que acaba por contribuir para o desenvolvimento das práticas educacionais desta disciplina. Destaca que não se trata somente de ensinar a Física Moderna (do século XX) e o efeito fotoelétrico ou o átomo de Bohr, mas de mudar a forma como são feitas as abordagens da própria Física Clássica, abrindo brechas para inserção de conteúdos relacionados com a Física Contemporânea.

O que se percebe é a existência de um discurso que vem tomando corpo há quase duas décadas, apontando carências formativas dos professores e indicando necessidades de transformação na maneira como a Física é ensinada para os estudantes do atual Ensino Médio, definido legalmente como fase final da educação básica. Essa discussão começa a surgir alguns anos antes da elaboração da nova Lei de Diretrizes e Bases da educação nacional (LDB, Lei 9394, de 20/12/1996). Em seguida se apresentam os primeiros resultados desses anseios de parte da comunidade acadêmica da área de Ensino de Física, ainda sem força de lei, mas carregando importante papel de difundir uma proposta de mudança mais profunda: os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio – PCNEM¹¹.

A década de 90 apresenta outros resultados importantes para o melhor entendimento sobre reais necessidades do Ensino de Física às portas do fim de um século. Terrazzan (1994) publica sua tese, iniciando uma discussão onde defende a atualização dos currículos de Física do Ensino Médio através da inserção de tópicos de Física Moderna e Contemporânea, face à necessidade de atender ao novo panorama sociocultural e produtivo.

Não se deveria esperar a entrada do século XXI para iniciar a discussão da Física do século XX nas nossas escolas. Assim, a tarefa a ser cumprida é no mínimo dupla: inserir conteúdos de Física

¹¹ O documento foi publicado no ano de 2000. Dois anos após há a publicação original é reforçada pelo que ficou conhecida como PCN+, que avança em proposições didático-metodológicas e de conteúdo. Por fim, recebendo contribuições da Didática das Ciências, aparecem em 2006 as Orientações Curriculares Nacionais para o Ensino Médio - OCEM. Da mesma forma que o documento mantém suas bases teóricas ao longo das novas publicações, avança junto com as discussões das áreas de abrangência e mostra cada vez mais sua importância como documento de referência que sustenta novas ações em sala de aula.

moderna e contemporânea no ensino médio, mas estabelecendo ou discutindo, ao mesmo tempo, as estratégias para essa inserção. Ou se aceita esse desafio, ou se mantém o acesso ao conhecimento da Física do nosso século restrito aos que eventualmente vierem a estudá-la no curso superior, proibida, portanto, a menores de dezoito (TERRAZZAN, 1994, p.45).

Outros trabalhos significativos que defendem a Inserção de Física Moderna e Contemporânea para o nível médio, como o de Ostermann e Moreira (1998), buscam indicar assuntos que podem ser abordados como tópicos de FMC no Ensino Médio a partir de uma pesquisa realizada com Físicos, pesquisadores em Ensino de Física e professores de Física do Ensino Médio. As sugestões demonstram notória diferença em relação às bases conceituais, que variam entre temas fundamentais (ex.: conservação da energia), complexos (ex.: caos, fractais) e tecnológicos (ex.: rádio, TV, forno de microondas). A lista apontada destaca ainda temas como a dualidade onda-partícula, o efeito fotoelétrico, o átomo de Bohr, a radioatividade, os Raios-X, fenômenos de Fissão e Fusão Nuclear, Partículas Elementares e suas leis de conservação, bem como os lasers, semicondutores e questionamentos acerca da origem do universo. Esse trabalho de Ostermann e Moreira (1998) serviu para elencar os dois temas, partículas elementares e supercondutividade, que se transformaram em objeto de estudo da tese de Ostermann (2000), implementados na disciplina Prática de Ensino de Física no curso de Licenciatura em Física da UFRGS. Os resultados desse trabalho reforçam o discurso em torno da necessidade de uma formação docente mais ampla e crítica, abrindo espaço para a discussão em torno do dimensionamento das bases conceituais necessárias para a abordagem de tópicos de FMC, assunto sobre o qual ainda restam muitas dúvidas.

Avanços têm sido alcançados no que diz respeito à forma de abordagem metodológica. A literatura da área indica três vertentes representativas para a introdução de assuntos relacionados à FMC em nível médio: *exploração dos limites dos modelos clássicos*; *não utilização de referências aos modelos clássicos* e *escolha de tópicos essenciais* (e.g., ALVETTI e DELIZOICOV, 1998; TERRAZZAN, 1994; PEREIRA, 1997; CAMARGO, 1996; PAULO, 1997). A **primeira vertente** - *exploração dos limites clássicos* - deve-se aos trabalhos de Gil e Solbes da Universidade de Valência, Espanha. A **segunda vertente** - *não utilização de referências aos modelos clássicos* - é atribuída às pesquisas de Fischler e Lichtfeldt

da Universidade Livre de Berlim, Alemanha. A **terceira vertente** - *escolha de tópicos essenciais* - é a contribuição de Arons, da Universidade de Washington, Estados Unidos. Arons (1990, apud TERRAZAN, 1994) propõe que poucos conceitos de Física Moderna devam ser ensinados no nível médio. O importante em um curso introdutório de Física Moderna, segundo Arons, é proporcionar aos alunos "alguma percepção" sobre conceitos como: elétrons, fótons, núcleos, estrutura atômica.

É crescente a pluralidade quanto às propostas metodológicas que visam habilitar a inserção de FMC para o nível médio de ensino. Ostermann e Moreira (2000) apontam algumas dessas propostas, citando brevemente a intenção inicial de cada uma. Ao criticar a inserção de tópicos de FMC nos últimos capítulos dos livros-texto dos cursos universitários, Aubrecht (1989) sugere que novos livros sejam escritos para que se possa "salpicar" temas contemporâneos na Física Clássica ou, de outra forma, "salpicar" temas clássicos na Física Contemporânea. Além de sugerir que alguns tópicos clássicos sejam eliminados, Aubrecht afirma que uma abordagem profunda e rigorosa de um número limitado de tópicos é mais eficiente do que uma introdução enciclopédica de um assunto amplo. Os diferentes enfoques que podem ser adotados transitam desde opções feitas pelo próprio professor (TERRAZAN, 1994), o destaque para a abordagem epistemológica via história da Ciência (FARMELO, 1992), aprofundamentos sistemáticos de alguns tópicos baseando-se em pré-requisitos cumpridos pelos alunos (STEFANEL, 1998) ou com tratamento matemático menos exigente (STEFANEL et al, 2003), até o uso de apoio computacional (VEIT et al., 1987).

Em síntese, pode-se verificar que, além de ser um tanto escassa a literatura a respeito de questões metodológicas sobre o ensino da FMC nas escolas, há várias divergências a respeito de que caminho deve ser seguido. Em particular, o papel das analogias clássicas para o entendimento dos conceitos modernos, a ênfase ou não em pré-requisitos, a abordagem histórica ou "lógica" são pontos que geram muitas discordâncias (OSTERMANN e MOREIRA, 2000).

Concorda-se com Cavalcante (1999), quando ela afirma que o ensino de uma Nova Física¹² não se dará enquanto os conteúdos relacionados com a Física moderna continuarem sendo colocados como apêndices do último volume do livro

¹² Termo utilizado por Cavalcante (1999), relacionado com a necessidade de ensinar Física de uma nova maneira, considerando os conhecimentos produzidos nos séculos XX e XXI e as necessidades atuais de uma sociedade eminentemente tecnológica, onde se deve permitir o exercício de uma cidadania plena. Termo utilizado nesse mesmo contexto por SILVA (2002) em sua dissertação de mestrado.

de eletromagnetismo e recebendo esse mesmo tratamento por parte dos professores do ensino médio.

Diante desse panorama é que se contextualiza o problema desta pesquisa. A questão vem sendo discutida há tempos, junto com muitas propostas para tornar mais efetiva a atualização do ensino de Física na educação básica (Ensino Médio). Dos muitos “por quês?” e dos poucos “como?” é que surge combustível para colocar o PROFESSOR no foco do processo, num primeiro momento ouvindo-lhe, depois compreendendo o que fala. Assim tentamos identificar algumas razões que justificam as opções previstas por ele para sua prática em sala de aula (por que o faz deste ou daquele modo?), propondo também novas possibilidades para sua atuação profissional que possibilitem maior sustentação para um processo de transformação que julgamos necessário.

2.1 Definindo bases teóricas

A imersão em uma sociedade heterogênea e globalizada ao mesmo tempo em que gera expectativas de todas as ordens, desde a ânsia por profissionais competentes, hábeis, técnicos e cultos, impõem novas dimensões para a função PROFESSOR, que cada vez mais precisa decidir na incerteza e agir na urgência¹³ (PERRENOUD, 1996c, apud PERRENOUD, 2000, p. 11). Entender o ofício de professor exige que se alcance compreensão sobre *processos e não eventos* (KNOWLES et al, 1994, apud MIZUKAMI et al., 2002, p. 47), traçando linhas que partem da formação inicial e prosseguem na ação profissional e na formação contínua. A partir dessas concepções, no âmago deste trabalho encontramos discussões que fazem referência ao pensar sobre a ação pedagógica de professores de Física diante dos desafios que a sociedade do conhecimento impõe. Desafios estes gerados em função da emergente tendência de atualização dos programas

¹³ Essa afirmação somente faz sentido quando se entende que a prática pedagógica não pode ser resumida em um conjunto de receitas, ou seja, não basta ao professor conhecer o conteúdo ou métodos de ensino, pois mesmo em pedagogias mais tradicionais o professor deixa sua marca ao organizar seus conteúdos de forma particular ou quando prioriza este ou aquele conceito. Em pedagogias ativas (projetos, jogos, oficinas, etc.) o professor precisa administrar um número ainda maior de tarefas (PINTO, 2001, p.6). E ainda, a profissão de professor é antes de tudo uma profissão de tomada de decisão em sistemas complexos onde interagem inúmeras variáveis das quais o professor faz parte (ASTOLFI e DEVELAY, 1990, p. 122).

escolares, especialmente no que se refere à inserção de tópicos de Física Moderna e Contemporânea. Discutem-se, também neste âmbito, propostas de enfrentamento dos desafios e das dificuldades inerentes ao processo de tratamento de temas relacionados com Ciência e Tecnologia¹⁴ atuais, analisando a questão do ensino destes temas pelos professores de Física em particular.

Para tanto, foram traçados panoramas contextuais e eleitos alguns suportes teóricos, a saber:

- Contexto legal: o papel dos instrumentos legais na efetivação de mudanças educacionais;
- Contexto da pesquisa em Ensino de Física: panorama de um campo de conhecimento que busca solução para problemas no processo ensino/aprendizagem de Física;
- A formação de professores e as mudanças curriculares no Ensino de Física;
- Processos de construção do pensar pedagógico do professor e os reflexos destas construções na ação docente.

2.2 Contexto Legal – Instrumentos Norteadores da Educação Básica

A educação, dever da família e do Estado, inspirada nos princípios de liberdade e nos ideais de solidariedade humana, tem por finalidade o pleno desenvolvimento do educando, seu preparo para o exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho.

Art. 2º – Lei 9394/96 (LDB)

A educação no Brasil sofreu importantes e profundas modificações nas últimas décadas. No que se referem ao Ensino Médio, estas mudanças estão consubstanciadas primeiramente na Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (nº. 9394/96), marco divisor na construção da identidade da terceira etapa da educação básica brasileira (BRASIL, 2006, p.7). Dois aspectos merecem destaque:

¹⁴ Da mesma forma que DELIZOICOV, ANGOTTI e PERNAMBUCO (2007, p. 70-71), julgamos que se há uma teoria subjacente à concepção e produção em escala de equipamentos e dispositivos eletrônicos atuais esta deve remeter, impreterivelmente, ao corpo de conhecimentos físicos relacionados com a Física Quântica do século XX, um dos pilares da Física Moderna e Contemporânea discutida ao longo deste trabalho.

o primeiro diz respeito às finalidades atribuídas ao Ensino Médio (que envolve fatores como o aprimoramento do educando como ser humano, formação ética, desenvolvimento da autonomia intelectual, entre outros – Art. 35 da LDB); o segundo propõe a organização curricular com os seguintes componentes:

- Base nacional comum, a ser complementada, em cada sistema de ensino e estabelecimento escolar, por uma parte diversificada que atenda a especificidades regionais e locais da sociedade, da cultura, da economia e do próprio aluno (Art. 26);
- Planejamento e desenvolvimento orgânico do currículo, superando a organização por disciplinas estanques;
- Integração e articulação dos conhecimentos em processo permanente de interdisciplinaridade e contextualização;
- Proposta pedagógica elaborada e executada pelos estabelecimentos de ensino, respeitadas as normas comuns e as de seu sistema de ensino;
- Participação dos docentes na elaboração da proposta pedagógica do estabelecimento de ensino.

O grande avanço determinado por tais diretrizes consiste na possibilidade objetiva de pensar a escola a partir de sua própria realidade, privilegiando o trabalho coletivo, não desatento a expansão do número das matrículas, que atingiu a casa dos 9 milhões de alunos no ano de 2005¹⁵.

A reformulação do ensino médio no Brasil, estabelecida pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBEN) de 1996, regulamentada em 1998 pelas Diretrizes do Conselho Nacional de Educação e pelos Parâmetros Curriculares Nacionais, procurou atender a uma reconhecida necessidade de atualização da educação brasileira, tanto para impulsionar uma democratização social e cultural mais efetiva pela ampliação da parcela da juventude brasileira que completa a educação básica, como para responder a desafios impostos por processos globais, que têm excluído da vida econômica os trabalhadores não-qualificados, por conta da formação exigida de todos os partícipes do sistema de produção e de serviços. (BRASIL, 2002, p.7-8)

O viés social que lhe é inerente torna esse documento um referencial para práticas educacionais diferenciadas mais condizentes com as necessidades formativas atuais, ao passo que aponta caminhos para uma educação mais ampla e preocupada com a formação de um indivíduo atuante em uma sociedade repleta de

¹⁵ Baseado em números divulgados pelo INEP.

contradições. Nessa direção, muitos dos apontamentos que aparecem nos PCN se apresentam em pesquisas nas diversas áreas da educação, trazendo consigo indicativos para melhoria dos processos de ensino-aprendizagem que ocorrem nos espaços escolares.

Quando nos reportamos especificamente ao ensino de Ciências, entendido aqui em um sentido amplo ao incorporar os conteúdos disciplinares da Física, Biologia Química e Matemática, se percebe que os documentos oficiais têm enaltecido a importância desse ensino para o atendimento da formação ampla para a cidadania, identificado como objetivo geral desses documentos. Muitas publicações e trabalhos acadêmicos reforçam essa posição, que se apresenta de forma consensual dentro da comunidade promotora da pesquisa em ensino de Ciências/Física. Consentindo com essa linha de pensamento, considera-se que não há pleno exercício da cidadania sem uma formação científica efetiva.

Em outra perspectiva, os documentos oficiais também podem ser entendidos como expressões das vontades diretas de um poder público, que por sua vez deveria atender às comunidades que representa, buscando se justificar na promoção de debates entre grupos de educadores das diversas regiões do país.

A partir a promulgação da Lei 9394/96, que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional, o país conta com um instrumento legal que apesar de não ter o poder, por si só, de alterar a realidade educacional e, de modo especial, a formação inicial e continuada de professores, mas pode produzir efeitos em relação a essa mesma realidade, como afirma Carvalho (1999, p. 82). Segundo esse mesmo autor:

A Lei coloca como finalidade da formação dos profissionais da educação “atender aos objetivos dos diferentes níveis e modalidades de ensino e às características de cada fase de desenvolvimento do educando”. Assim, criar condições e meios para se atingir os objetivos da educação básica é a razão de ser dos profissionais da educação. [...] A formação com tal finalidade terá por fundamentos, segundo a Lei, “a associação entre teorias e práticas, inclusive mediante capacitação em serviço” e “o aproveitamento da formação e experiências anteriores”, adquiridas, estas, não só em instituições de ensino, mas também em “outras atividades”, que não do ensino (CARVALHO, 1999, p.84).

Nas diretivas legais, dessa forma, se espera do professor que este possua capacidades específicas que o tornem hábil para atuar em um ambiente de sala de aula onde há necessidade de formar cidadãos plenos. A década de 90 fica

marcada por uma série de mudanças sociais, políticas e econômicas que ecoam de forma determinante na delineação de políticas públicas para a educação.

A educação seria fortemente pressionada para reduzir os custos e aumentar a 'eficiência'. Ela se daria num duplo processo de descentralização da execução e centralização das diretrizes, mediante os parâmetros curriculares nacionais e a avaliação das instituições de ensino. [...] Um outro dado importante foi a evolução das medidas institucionais. Foram propostas leis e projetos de alguma forma renovadores, como a nova LDB, os PCNEM e o ENEM, que, por um lado, continham um claro convite à mudança curricular, mas, por outro, deixavam para os Estados e as Prefeituras a realização das condições que tornariam possíveis as mudanças efetivas (VILLANI, PACCA e FREITAS, 2002, p. 11-12).

Em um âmbito local, mas derivando das leis de abrangência nacional, se percebe outra faceta implícita aos documentos oficiais, relacionada com a desejada melhoria na qualidade de ensino atrelada à aplicação de propostas curriculares. Nessa linha, a Proposta Curricular catarinense (SANTA CATARINA, 1998, p.13) destaca que o importante é o *enfoque* dado para as disciplinas, visto que é através deste que os professores poderão efetivamente melhorar a qualidade da relação pedagógica estabelecida com seus alunos. O documento alerta que aos professores interessa o todo da proposta, uma vez que, recorrendo apenas aos conteúdos sem o recurso aos textos que tratam da abordagem teórica, o professor nada encontrará de novo que lhe auxilie a melhorar a qualidade do seu trabalho.

De maneira generalizada, as indicações estabelecidas por um poder público estabelecido subentendem reflexos dos anseios da comunidade, das políticas públicas ou das concepções governamentais da época, tendo em comum o processo de mudança para um quadro supostamente melhor, apesar de não haver consenso de opiniões. Diante disso o professor é impulsionado a melhorar sua prática com base em certas condições propostas nos documentos. Identificamos, assim, uma das pressões externas que o professor sofre, não entrando no mérito de sua validade, mas acusando sua presença em documentos de abrangência estadual.

A questão central é como instrumentalizar técnica e cognoscitivamente os educadores da rede, de modo que possam transformar o arcabouço teórico e metodológico da Proposta Curricular em atividades significativas de ensino e de aprendizagem para todos. [...] A tarefa mais significativa tem sido a de capacitar permanentemente esses profissionais, de modo que possam apropriar-se dos conceitos referenciais da Proposta e, ao mesmo tempo, articular esses pressupostos com as opções metodológicas

mais interessantes para a atividade docente. (SANTA CATARINA, 2005, p. 11-12)

Além disto, é necessário fazer com que os alunos percebam mais claramente os objetivos do processo de ensino no qual estão envolvidos. Segundo as Orientações Curriculares para o Ensino Médio – OCEM - (BRASIL, 2006, p. 47-48), um dos grandes objetivos do ensino das Ciências no nível médio é a compreensão, por parte dos alunos, de que há uma predominância de aspectos técnicos e científicos na tomada de decisões sociais significativas e que tais decisões geram conflitos de ordem política. Por isso se insiste em uma formação crítica, onde os sujeitos possuam capacidade de discutir abertamente questões resolvidas em instâncias tecnocráticas. Asserções como estas geram implicações e compromissos de forma que seja possível, através do processo de ensino, discriminar o domínio da Ciência e da tecnologia do debate ético e político. Para que efetive uma formação com estas características, é necessário que se reconheçam os elementos do cenário didático, onde além do professor e dos alunos, há um terceiro componente: o saber a ser ensinado. Assim, a relação didática é reconhecida por sua complexidade que, extrapola as variáveis imediatas - professor, aluno e conteúdo – segundo as OCEM (BRASIL, 2006, p.48) porque:

- o professor depende de seus colegas de profissão, de seu ambiente de trabalho, e tem seus saberes, concepções e convicções já estabelecidos; e
- o aluno depende do contexto social; de suas expectativas para alcançar objetivos pessoais e coletivos; e das relações entre aluno e professor; aluno e aluno; aluno e classe; aluno e conhecimentos a serem ensinados; aluno e saberes individuais; e aluno e representações sociais.

Para a área da Física, em particular, as perguntas que norteiam as propostas contidas nos documentos oficiais¹⁶ são elementares: *Por que ensinar Física? Para quem ensinar Física?* Em contrapartida, as respostas podem ser bem complexas, dependendo do contexto em que foram formuladas. Fugindo dos reducionismos, a primeira resposta deve levar em conta que a Física escolar necessita ser pensada em dois grandes aspectos: como cultura e como possibilidade de compreensão do mundo. A segunda resposta deve considerar a imensa maioria da população escolar que estudará a Física somente no Ensino Médio. Não é possível aqui um maior atrevimento sem riscos, ficando a

¹⁶ PCN, OCEM, DCNEM, entre outros.

sistematização da resposta para aqueles que efetivamente conduzem os conteúdos físicos até os alunos, ou seja, os professores.

As discussões acerca dos documentos oficiais se aproximam do esgotamento, além de muito cansativas, não havendo aqui necessidade e justificativas para aprofundar ainda mais esse debate.

2.3 Contexto Acadêmico – A Pesquisa em Ensino de Física

Por um lado, fica claro que a pesquisa em Ensino de Física avançou bastante na identificação de muitos dos problemas que assolam o ensino de Física e na apresentação de propostas de intervenção e subsídios para a ação pedagógica do professor em sala de aula com vista à formulação de tentativa de superação desses problemas (Megid e Pacheco [4]). Por outro lado, pouco avançou na questão da aplicação dos resultados de pesquisa em sala de aula.

Fábio L. A. Pena – Carta ao Editor – RBEF - v. 26, n. 4, p. 294

Muito se critica o distanciamento entre o discurso e a prática. De forma análoga, a pesquisa preconiza encaminhamentos que nem sempre alcançam seus supostos objetivos e isso não deveria causar estranheza. Há de se ressaltar que muito tem se buscado para mudar essa situação. Desta busca se destacam resultados expressivos, especialmente no que tange a abordagem de conteúdos relacionados com FMC para o nível médio de ensino, mesmo que ainda tenhamos que conviver com muitas ambigüidades e contradições. Ora, isto não deveria ser surpresa, afinal estamos falando de uma linha de pesquisa em Ensino que vem se estruturando há menos de duas décadas!

Por que demoram chegar às salas de aula os resultados dos trabalhos acadêmicos? Se os resultados chegam, por que a maioria dos professores não os aplica? Existem muitas respostas para questionamentos como estes. Segundo Pena (2004), essas respostas divergem dentro da própria comunidade de pesquisadores. Enquanto Moreira (2000) acredita que boa parte da pesquisa é básica e deve demorar até apresentar resultados em sala de aula, Marandino (2003) sugere que muitos professores conhecem os resultados da pesquisa mais ainda se pautam em práticas tradicionais. Studart (2001) propõe critérios para que os docentes passem

emitir juízos de valor sobre os impactos da pesquisa dentro do processo ensino/aprendizagem, afirmando ainda que muitos pesquisadores da Física Aplicada defendem um ensino mais tradicional, gerando controvérsias dentro da própria comunidade acadêmica. Delizoicov (2004) realça que embora a pesquisa em Ensino de Física seja feita por físicos, os referenciais teórico-metodológicos têm origem nas Ciências Humanas, defendendo qualificar esse tipo de pesquisa como pertencente ao grupo das Ciências Sociais Aplicadas, que implica em considerar seus resultados no âmbito da educação escolar. Em outro artigo, Delizoicov (2005) rediscute a questão das possibilidades e limitações inerentes à disseminação das pesquisas em Ensino de Ciências (EC) nas três esferas de atuação acadêmico-universitárias (ensino, pesquisa e extensão). Argumenta que, muito embora se deva potencializar o retorno das pesquisas em EC para as práticas educativas, tendo em vista a inquietação quanto ao impacto destas pesquisas nas salas de aula do ciclo básico, é necessário parcimônia nas críticas.

Contudo, isso não significa [...] que devemos balizar pesquisas em EC simplesmente a partir das demandas de professores, mas sim planejar um processo dialógico que possibilite identificar e problematizar os obstáculos a serem vencidos por professores para a implantação de práticas pedagógicas que estejam em sintonia com as pesquisas que realizamos (DELIZOICOV, 2005, p.375).

Ao observar o panorama das contribuições mais recentes da pesquisa em Ensino de Física são identificados fatores que permitem aferir como tem evoluído a forma de repensar metodologias e práticas dentro dessa área restrita do conhecimento. Em um momento no qual a pesquisa vem sendo alavancada, quantitativa e qualitativamente, não se percebe objetivos comuns quanto aos resultados esperados em sala de aula.

Parece ser necessário o desenvolvimento de pesquisas que nos indiquem que conhecimentos a pesquisa em ensino de Ciências conseguiu gerar até o momento, e que podem ser traduzidos na forma de instruções para o ensino das diversas Ciências (ROSA, 1999, p. 206).

Parte considerável do distanciamento que persiste entre pesquisa em EC e EC pode ser sanada através da estruturação de cursos de formação continuada que considerem o contexto de aplicação das inovações para o ensino. Algumas barreiras precisam ser derrubadas. Em nosso entendimento, o estabelecimento de uma política pública de gerência da formação docente continuada, abrangente e

motivadora, pode contribuir significativamente no desafio de tornar de aproximar das salas de aula os suportes teóricos didático-metodológicos desenvolvidos pela pesquisa nos centros universitários. Há, porém, outras questões anteriores que ainda merecem análise.

Durante o V *ENPEC*¹⁷, um dos maiores eventos da pesquisa em Ensino de Ciências, realizado em novembro de 2005 na cidade de Bauru, São Paulo, o pesquisador da Unicamp, Jorge Megid Neto, coordenou os trabalhos de uma mesa redonda que expôs problemas enfrentados por todos que buscam dados sobre dissertações e teses publicadas no Brasil, como a indisponibilidade de informações básicas e especialmente, textos completos. O pesquisador apurou que desde o início da década de 70 até o ano de 2004 foram produzidas cerca de 1100 teses e dissertações voltadas para a área de Educação em Ciências, produção que sofreu incremento quantitativo graças à disseminação de centros de pesquisa, diversificação de temáticas e metodologias. Delizoicov (2004) apresenta um resgate que permite dimensionar a pesquisa em ensino (de Ciências e/ou de Física), servindo de referência para um entendimento maior sobre o papel que esse campo de conhecimento desempenha em num país continental como é o Brasil.

Descompassado com os avanços tecnológicos experimentados nos últimos anos, em especial à tecnologia da informação, muitos trabalhos relevantes permanecem inacessíveis a uma parcela considerável de investigadores e outros interessados, enquanto não são disponibilizados em formato digital via rede. Em uma tentativa de reverter esse quadro, a CAPES¹⁸, através de seu portal na Internet, está buscando otimizar o processo de disponibilização das produções acadêmicas, tornando mais abrangente a divulgação dos resultados das investigações em todas as áreas. Ou seja, existem esforços para tornar mais acessíveis as produções acadêmicas, mas ainda enfrentamos dificuldades para ter acesso aos materiais. Boa parte da pesquisa acadêmica, que remete para resultados importantes sobre práticas docentes, permanece imóvel sobre as estantes das bibliotecas. Esse problema poderia ser sanado a partir do momento que as comunidades de pesquisa

¹⁷ Encontro Nacional de Pesquisa em Educação de Ciências, sob coordenação da Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências – ABRAPEC.

¹⁸ A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) é órgão do governo federal empenhado na expansão e consolidação da pós-graduação *Stricto Sensu* (mestrado e doutorado) no Brasil. Suas atividades podem ser agrupadas em quatro grandes linhas de ação: a) avaliação da pós-graduação *Stricto Sensu*; b) acesso e divulgação da produção científica; c) investimentos na formação de recursos de alto nível no país e exterior; d) promoção da cooperação científica internacional.

implementassem uma base de dados comum, com acesso direto via rede. Desta forma, entende-se que muitos trabalhos poderiam ser difundidos para as redes de pesquisadores, atingindo direta e indiretamente públicos diversos, incluindo aí os professores das Ciências, seja pela possibilidade da leitura ou por resultados aplicados aos cursos de formação aos quais têm acesso.

Fazendo o devido recorte para os objetivos deste trabalho, analisamos a disponibilidade de informação através do portal da Capes. Foi possível verificar uma modesta presença de trabalhos acadêmicos (teses e dissertações) que investigam a temática “Inserção de Física Moderna e Contemporânea no nível médio de ensino” e suas correlações. Por se tratar de uma área explorada com mais ênfase somente a partir da década de 90¹⁹, acredita-se que os trabalhos disponíveis representam a parte mais significativa de tudo o que foi produzido sobre o tema. Dessa forma, utilizando o mecanismo de buscas do portal foram aplicados alguns filtros - “FÍSICA MODERNA”, “FÍSICA CONTEMPORÂNEA”, “ENSINO FÍSICA”, entre outros – sendo localizadas mais de trezentas dissertações. Apenas a minoria delas estava relacionada efetivamente com questões que envolvem educação em Ciências, mais precisamente apenas trinta e quatro dissertações se encaixam nas discussões sobre Física Moderna e Contemporânea para o nível Médio. Apesar de pequeno, o número é significativo e mostra que a linha de pesquisa está sendo fomentada²⁰.

Outra forma de observar o que acontece em uma área de pesquisa é voltar os olhos para as publicações no formato de periódicos, impressos ou on-line. O que se percebe hoje são avanços significativos em qualidade, quantidade e abrangência. Em nossa área de interesse, o Ensino de Física, algumas publicações se destacam. Conforme Carta ao Editor publicada no ano de 2004 (v. 26, n° 4) na Revista Brasileira de Ensino de Física – **RBEF** – esse periódico se tornou um dos grandes veículos de divulgação e de publicação de trabalhos científicos e didáticos relativos ao Ensino de Física, recebendo o mérito de ser a primeira revista especializada na área, tendo seu primeiro número publicado pela Sociedade Brasileira de Física (SBF) no ano de 1979. Cinco anos mais tarde, em 1984, surge o Caderno Catarinense de Ensino de Física – CCEF – hoje (desde 2002) Caderno Brasileiro de Ensino de Física – **CBEF** – que se tornou um dos grandes

¹⁹ O banco de teses e dissertações possui dados a partir do ano de 1987.

²⁰ O **Apêndice Digital** que integra o CD de apoio deste trabalho traz uma síntese desta produção, com breve resumo de cada trabalho de pesquisa.

desaguadores de artigos de pesquisa em Ensino de Física no Brasil, publicação de responsabilidade do Departamento de Física da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Outras duas publicações de importância nacional surgem na década de 90, a Revista Ciência & Educação (UNESP - 1995) e a Revista Investigações em Ensino de Ciências (RIEC) (IF-UFRGS - 1996), configurando-se entre os principais disseminadores da pesquisa em Ensino de Física no Brasil.

Procurando evidenciar nesses periódicos as tendências atuais da pesquisa em Ensino de Física e admitindo que estas publicações compartilham a parte mais significativa do pensamento da comunidade de pesquisadores da área, foi elaborada uma revisão bibliográfica visando identificar os artigos ligados às questões de ensino-aprendizagem. Vemos nesta revisão a possibilidade de criar um reservatório de possibilidades, selecionando informações específicas. Aplicando um filtro com objetivo de identificar aqueles artigos que apresentam vínculo com ensino de Física Moderna e Contemporânea, foram revistos 316 artigos na RBEF²¹, 545 artigos no CBEF e 113 artigos disponibilizados no endereço eletrônico <<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino>> da RIEC. Desses, **quarenta e sete** (27 da RBEF, 14 do CBEF e 6 da RIEC) mostraram identificação com os objetivos da pesquisa²².

A análise da temática central dos artigos mostra distinção entre os artigos publicados, particularmente ao público que se destina. Esta distinção se percebe em textos que tem aplicação exclusiva no Ensino Superior, trazendo aprofundamentos teóricos, enquanto outros têm como público-alvo os professores do Ensino Médio e trazem contribuições didático-metodológicas interessantes para os profissionais que atuam com os jovens no ciclo final da Educação Básica. Segundo nosso entendimento, também é possível estabelecer algumas categorias nas quais é possível enquadrar a grande maioria dos textos, a saber:

Categoria	Detalhamento
Currículo	Discussões ou propostas para atualização curricular visando à incorporação de novos conteúdos
Formação de Professores	Discussões sobre a formação de professores e a processos de formação continuada.
Livros Didáticos	Análise de livros didáticos e/ou comparação entre diferentes publicações

²¹ A pesquisa foi feita em todos os artigos até a edição número 1 do volume 8, onde surge a seção Pesquisa em Ensino de Física. A partir deste ponto a revisão foi feita somente nos artigos relacionados dessa seção e das seções Epistemologia e História da Física (v. 15, nº 1 - 1993) e Física e Assuntos de Interesse para o Segundo Grau (v. 17, nº 1 - 1995).

²² Ver a íntegra dos resumos nos Anexos Digitais, junto do CD que acompanha este trabalho.

Categoria	Detalhamento
Material Didático	Propostas de produção e/ou utilização de material didático voltado para o Ensino de Tópicos de Física Moderna e Contemporânea
Proposta Didática	Sugestão de roteiros, seqüências didáticas, temáticas ou experimentos visando à inserção de tópicos de Física Moderna e Contemporânea no nível de ensino correspondente.
Revisão Bibliográfica	Resgate de propostas e justificativas sobre o tema Física Moderna e Contemporânea
Relato	Relato ou descrição de atividades desenvolvidas em nível Médio ou Superior, acompanhado ou não de análise sobre a validade da proposta aplicada.

Tabela 1 – Classificação dos artigos publicados em periódicos

Ao fazer uma leitura dessas publicações se percebe a qualidade das propostas e discussões levantadas, indicando que existe um leque de opções que permeia questões acadêmicas de pesquisa e se estende até assuntos relacionados com formação inicial e continuada de professores. Acusamos, também, a presença de alternativas para inserção de assuntos relacionados com FMC em nível médio, especialmente os artigos publicados pelo atual Caderno Brasileiro de Ensino de Física. Entretanto, é fato que o número destes artigos ainda é reduzido. Percebe-se uma tendência de crescimento da pesquisa nessa área, ao passo que essas publicações resultam, em sua maioria, de trabalhos oriundos de dissertações e teses. Caso essa tendência não seja abalada, é possível prever que a base teórico-metodológica para tratamento de temas envolvendo FMC deva receber fortes incrementos nos próximos anos, consolidando um anseio da comunidade acadêmica quanto às mudanças significativas nos conteúdos e práticas pedagógicas da Física que se ensina na Escola. Porém, essas mudanças só devem acontecer a partir do momento que os resultados das pesquisas divulgadas alcancem, efetivamente, o professor.

Junto com a expansão do suporte teórico e didático-metodológico que os periódicos proporcionam, e cumprem papel de socializar, há de se esperar que seja ampliado o número de professores de Física do Ensino Médio entre os leitores destas publicações. Estes periódicos, quando entendidos como agentes difusores de ações pedagógicas inovadoras e teoricamente bem sustentadas, assumem papel importante no processo de transformação da prática docente. Porém, a efetivação de mudanças em sala de aula somente será possível se o professor tiver acesso ao produto final, o impresso (ou documento virtual da rede). Para isso são necessários

esforços em várias frentes, desde a estimulação da leitura até a desoneração dos custos para aqueles professores que demonstrarem interesse em investir em sua própria formação. O poder público, em especial as Secretarias de Educação, tem uma responsabilidade singular neste processo, fornecendo aos profissionais os devidos incentivos. Por sua vez cabe à Universidade, através dos cursos de formação inicial e continuada, promover discussões sobre a produção científica publicada nos principais periódicos, analisando e aplicando as propostas apresentadas nos artigos. É necessário (re)pensar que professor queremos em nossas salas de aula.

2.4 Formação do Físico-Educador – Novos Contextos

[...] nós, professores de Ciências, não só carecemos de uma formação adequada, mas não somos sequer conscientes das nossas insuficiências. Como consequência, concebe-se a formação do professor como uma transmissão de conhecimentos e destrezas que, contudo, têm demonstrado reiteradamente suas insuficiências na preparação dos alunos e dos próprios professores.

(BRISCOE, 1991, apud CARVALHO e GIL-PERES, 2000, p. 14-15)

A qualificação do pessoal docente se apresenta hoje como uma dos maiores desafios para o Plano Nacional de Educação, e o Poder Público precisa se dedicar prioritariamente à solução deste problema. A implementação de políticas públicas de formação inicial e continuada dos profissionais da educação é uma condição e um meio para o avanço científico e tecnológico em nossa sociedade e, portanto, para o desenvolvimento do País, uma vez que a produção do conhecimento e a criação de novas tecnologias dependem do nível e da qualidade da formação das pessoas.

Plano Nacional de Educação, 2000.

Formação de professores é tema candente e sempre atual, visto que emergentes questões sociais passam pela melhoria da qualidade na educação e, inevitavelmente, transpassam a questão da atuação docente. O estabelecimento de políticas públicas para o setor docente é, então, uma questão estratégica e central.

Somente este fato justificaria elevar a questão para o status de política de Estado, e não de Governo, ao passo que governos vêm e vão e, além do mais, possuem ideologias divergentes que poderiam comprometer a continuidade de trabalhos iniciados em gestões anteriores. Há mais, as necessidades sociais têm sofrido profundas alterações e os processos educacionais perseguem um atraso em relação a estas mudanças. Daí a necessidade de pensar sobre o processo constantemente.

São muitos os questionamentos que se apresentam: o que é necessário para formar professores atuantes em uma sociedade dinâmica e tecnologicamente dependente? O que esperar destes professores? Muitas respostas surgem, no ensejo de sanar estas e outras perguntas.

Depois de um extenso período de discussões sobre a necessária reestruturação dos Cursos de Licenciatura em todas as áreas²³, com vistas ao enfrentamento de demandas diversas, surge uma série de propostas oriundas principalmente de grupos vinculados a Universidades, inserindo o país em um novo contexto legal, pautado na Lei de Diretrizes de Bases da Educação Nacional - LDBEN de Dezembro de 1996.

A LDB/96 se destaca das legislações anteriores por fatores como a *flexibilização curricular* para todos os níveis da escolaridade brasileira. Desta forma, sob essa base legal, surgem proposições do Ministério da Educação (MEC) para subsidiar e estimular a elaboração das novas propostas curriculares. Os Parâmetros Curriculares Nacionais e as Diretrizes Curriculares representam os primeiros resultados destas proposições.

Se por um lado os documentos apresentam novas possibilidades, para utilizar as orientações neles contidas sem perder de vista o princípio da flexibilização curricular e a necessidade de contextualização local/regional das milhares de Escolas de Educação Básica de todas as regiões do país, torna-se também necessário definir um perfil profissional adequado para os professores que nelas atuarão.

De forma paralela ao trabalho de formular sugestões para a Educação Básica, o MEC também constituiu Comissões de Especialistas encarregados de apresentar propostas para as diversas carreiras do Ensino Superior. Dessas propostas resultaram resoluções do Conselho Nacional de Educação – CNE –

²³ É possível acompanhar o processo de discussão na área de Ensino de Física acessando a página da SBF no endereço <http://www.sbfisica.org.br/ensino/proposta.shtml>

especificando as Diretrizes Curriculares para os diversos Cursos de Graduação de Nível Superior, o que incluiu o Curso de *Física*.

Desta forma se viu brotar a primeira proposta oficial, sob a égide da LDB/96, para a formação do professor de Física para a Educação Básica, onde aparece a figura do *Físico-Educador*²⁴. Esta e as propostas para as demais áreas disciplinares e/ou níveis de escolaridade foram elaboradas, de certa forma, de modo independente umas das outras. As discussões sobre os aspectos mais gerais e comuns à formação de todos os professores culminaram, em fevereiro de 2002, com o lançamento, pelo CNE, de duas novas resoluções que tentavam unificar a Formação de Professores para a Educação Básica. Não há muitos riscos em assumir que, a partir deste ponto, passou-se a seguir um caminho na direção de se pensar a Formação de Professores, em nível superior, como a formação de um profissional com identidade e perfil próprios, distintos de outras carreiras profissionais.

O que buscamos destacar aqui é o contexto de mudanças que se estabelece. No exato momento em que este trabalho é escrito estão ocorrendo significativas e profundas reestruturações nos cursos de graduação da modalidade licenciatura, sobre as quais ainda pairam muitos questionamentos. Não poderíamos permanecer indiferentes diante desse novo quadro que procura se estabelecer, face aos prováveis impactos que ele deve provocar e que, em parte, vem ao encontro das propostas defendidas aqui.

2.4.1 Características básicas do Físico-Educador

Nas Diretrizes Curriculares para Cursos de Graduação em Física, elaborada pela Comissão de Especialistas de Ensino de Física da Secretaria de Educação Superior do Ministério da Educação e do Desporto (Abril de 1999) são apontadas as características básicas esperadas para todos os graduados em Cursos de Física, sendo algumas específicas para o que se chamou de Físico-

²⁴ De acordo com as "Diretrizes Curriculares para os Cursos de Graduação em Física", a formação de professores para essa disciplina está enquadrada em um dos perfis específicos para os formandos de Física – o perfil chamado de "físico-educador".

Educador. De modo geral, podem-se agrupar as competências e habilidades básicas comuns a todas as terminalidades de Cursos de Física²⁵ em:

- Dominar princípios gerais e fundamentos da Física, estando familiarizado com suas áreas clássicas e modernas;
- Descrever e explicar fenômenos naturais, processos e equipamentos tecnológicos em termos de conceitos, teorias e princípios físicos gerais;
- Diagnosticar, formular e encaminhar a solução de problemas físicos, experimentais ou teóricos, práticos ou abstratos, fazendo uso dos instrumentos laboratoriais ou matemáticos apropriados;
- Manter atualizada sua cultura científica geral e sua cultura técnica profissional específica;
- Desenvolver uma ética de atuação profissional e a consequente responsabilidade social, compreendendo a Ciência como conhecimento histórico, desenvolvido em diferentes contextos sócio-políticos, culturais e econômicos.

Além dessas, há duas habilidades específicas previstas para o Físico-Educador: planejar e desenvolver atividades didáticas para o Ensino de Física em contextos distintos; e elaborar ou adaptar materiais didáticos de diferentes naturezas identificando seus objetivos formativos, educacionais e de aprendizagem.

Apesar de não estar colocado de modo explícito, deve-se prever, nestas duas habilidades, a capacidade de avaliar todo o trabalho pedagógico realizado, incluindo a capacidade de avaliar os alunos de modo consistente com as expectativas de aprendizagens formuladas. E ainda, para um desenvolvimento eficaz de atividades didáticas em sala de aula, exige-se capacidade de gestão de classe. Da mesma forma, a capacidade de produzir materiais didáticos deve abranger etapas anteriores, significando conhecimentos e competências relativas à estruturação e ao desenvolvimento de programações curriculares, o que remete para capacidades relativas à gestão escolar com um todo.

As Diretrizes propostas em 1999 apontam aspectos gerais da formação do Físico Educador que devem estar presentes em qualquer Curso de Física do país, sem enrijecer possíveis especificidades. Nesse sentido, vale ressaltar que apesar da tradição levar a dedicação do professor de Física apenas ao Ensino Médio, o campo de preocupação hoje deve se estender ao Ensino Fundamental, e

²⁵ Sintetizadas a partir do Parecer CNE/CES 1.304/2001, disponível em <http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES1304.pdf> - acessado em 16/04/2007.

de atuação também ao segmento das séries finais desse nível da escolaridade. Isto traz a necessidade de se pensar em algumas capacidades específicas para o trabalho com os diferentes níveis e segmentos de ensino. Para que isto ocorra, várias frentes precisam ser desenvolvidas, escritos na forma de eixos temos:

Eixo articulador dos diferentes âmbitos de desenvolvimento profissional: para além da organização dos cursos em disciplinas, recomenda-se instituir tempos e espaços curriculares diversificados.

Eixo articulador da interação e comunicação e do desenvolvimento da autonomia intelectual e profissional: os cursos devem ser organizados de forma a propiciar aos professores em formação estímulo e condições para o desenvolvimento das capacidades e atitudes de interação e comunicação, de cooperação, autonomia e responsabilidade.

Eixo articulador entre disciplinaridade e interdisciplinaridade: os cursos devem ser organizados de forma a propiciar aos professores em formação a vivência de experiências interdisciplinares, além de permitir o aprofundamento dos conhecimentos disciplinares.

Eixo que articula a formação comum e a formação específica: a organização dos currículos de formação deve incluir uma dimensão comum a todos os professores de educação básica, uma vez que um projeto para a educação básica que articule as suas diferentes etapas implica que a formação de seus professores tenha como base uma proposta integrada.

Eixo articulador dos conhecimentos a serem ensinados e dos conhecimentos educacionais e pedagógicos que fundamentam a ação educativa: os currículos de formação devem propiciar uma atuação integrada entre professores pedagogos e especialistas.

Eixo articulador das dimensões teóricas e práticas: o tempo destinado pela legislação à parte prática (800 horas) deve estar presente desde o início e permear todo o curso de formação, de modo a promover o conhecimento experiencial do professor.

Segundo Ostermann (2001) é possível perceber divergências entre as "Diretrizes Curriculares para os Cursos de Graduação em Física", de abril/1999, e a "Proposta de Diretrizes para a Formação Inicial de Professores da Educação Básica, em Cursos de Nível Superior", publicada em fevereiro de 2001. No primeiro documento, de 1999, a formação inicial do professor de Física é uma das ênfases da

graduação em Física, ou seja, identifica esse profissional como um físico com uma dada especialização em educação. Já no segundo documento, de 2001, as licenciaturas passam a ser identificadas entre si, e não às suas áreas específicas, a partir de uma dimensão comum. Trata-se, portanto, de concepções de formação de professores distintas.

Apesar de muitas críticas feitas aos cursos, não se poderia desconsiderar a tradição e qualidade de muitas licenciaturas em Física oferecidas, em sua grande maioria, nas universidades públicas. Muitas delas já superaram várias das deficiências apontadas.

O físico-educador será predominantemente um profissional do ensino, que muitas vezes solicita traços dos demais perfis delineados: pesquisador, tecnólogo e interdisciplinar. Isto porque as solicitações contemporâneas forçam os sujeitos envolvidos nos processos de ensino-aprendizagem formal e não formal, a exercerem competências, habilidades e recursos próprios da investigação, das tecnologias tradicionais e inovadoras e, como já afirmamos, do enfrentamento de situações-problema que transcendem o escopo disciplinar da Física ou de qualquer outro ramo específico do conhecimento disponível (PPP/LFSC, 2002).

O curso de Licenciatura em Física da UFSC há tempos desenvolve um trabalho de formação diferenciado, superando uma concepção de formação tecnicista. Ao longo do tempo foram adicionados ao currículo elementos da epistemologia e história da Ciência, didática da Ciência, instrumentalização experimental e aportes teóricos sobre novas tecnologias educacionais. Segundo Westphal (2006, p. 52) pode-se, por exemplo, verificar o avanço rumo às propostas mais sintonizadas com os resultados das atuais pesquisas em Ensino de Física, analisando a ementa das disciplinas antes e depois das mudanças. No momento em que este trabalho está sendo escrito emerge uma das mais profundas mudanças desde a criação do curso, provocada pela adequabilidade de decretos²⁶ e portarias

²⁶ A 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; A Resolução. 02/2002-CP/CNE, 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 (400 horas de Prática como componente curricular; outras 400 horas de estágio curricular supervisionado e mais 200 horas para outras formas de atividades acadêmico-científico-culturais); (segue na próxima página)

que redirecionam (redimensionam!) os processos de formação de professores no Brasil. As eminentes mudanças, porém, enfrentam adversidades antes mesmo de serem implantadas, como cita Westphal:

Esta Comissão [que elaborou o novo PPP] reconhece que o Curso vem sofrendo, nos últimos semestres, alguns aperfeiçoamentos, [...] tendo se caracterizado por uma licenciatura com tendência a ser uma das referências no plano nacional, com traços marcantes que apontam para a conquista de uma identidade própria, onde se advoga mais eficiência das disciplinas e do conjunto, em favor de um crescente número de formandos capazes de uma efetiva contribuição para a melhoria do ensino de Física e de Ciências no Estado de Santa Catarina (2006, p. 201)

E ainda,

Entretanto, apesar dessa melhoria, a Comissão reconhece que o Curso é, de maneira geral, essencialmente disciplinar, e desta maneira, comprometido com especificidades que dificultam uma abordagem multi e interdisciplinar (idem).

O caso da UFSC exemplifica um processo que está sendo desencadeado em todo o país, cujos reflexos deverão ser sentidos em alguns anos, quando os egressos dos cursos de formação inicial adaptados aos novos currículos chegarem ao mercado de trabalho. A partir deste ponto saberemos se as escolhas feitas agora em favor do futuro físico-educador atingiram seus objetivos.

Sem querer antecipar futuras discussões pautamos nosso trabalho dentro de uma concepção de formação docente condizente com a realidade atual, dirigindo esforços no sentido de ampliar o leque de recursos teóricos utilizados no âmbito da pesquisa em Educação, especialmente em Ensino de Física, sobretudo na ânsia por entender melhor como o professor congrega seus recursos cognitivos, apreendidos ou aperfeiçoados em boa parte durante o período acadêmico, com a gerência das situações em sala de aula. Neste contexto evocamos aportes que remetem para o pensar pedagógico.

A Resolução 09/02 – CES/CNE, de 11/03/02 – que estabelece as Diretrizes Curriculares para os cursos de Bacharelado e Licenciatura em Física; O parecer 1304/01-CES/CNE – que institui as Diretrizes Nacionais Curriculares para os cursos de Física; A Resolução 001/CUn/2000, de 29/02/00 – que dispõe sobre os princípios para o funcionamento dos cursos de formação de professores oferecidos pela UFSC; A Resolução 005/CEG/2000, de 27/09/00 – que institui as Normas para a estrutura curricular dos cursos de licenciatura da UFSC.

2.5 Processos de construção do pensar pedagógico do professor

2.5.1 A Pedagogia e o Saber Ensinar

Na prática escolar tomam-se decisões a todo o momento: ao planejar o ensino, ao preparar aula, na sala de aula. À medida que a escola, em um processo de trabalho coletivo, assume a responsabilidade pelo planejamento de suas atividades, torna-se cada vez mais necessária a explicitação dos critérios utilizados para decidir (DELIZOICOV, ANGOTTI e PERNAMBUCO, 2002, p. 290).

Gauthier et al. (p. 327, 1998) apresentam uma retrospectiva histórica sobre as origens da atual pedagogia, onde se insere a ação docente das diversas disciplinas da área das Ciências e afins, defendendo a hipótese de que o século XVII apresentou os fatores determinantes para o surgimento de novos problemas de ensino, onde métodos e procedimentos para ensinar “tudo a todos”, “mais, mais rápido e melhor”, conforme Comenius²⁷, deram origem a uma nova pedagogia. Essa nova forma de ensinar considerava não somente o conteúdo (saber), mas também todos os aspectos da sala de aula, incluindo-se aí a organização do tempo, gestão de comportamento, entre outros fatores. Ainda segundo Gauthier, as novas habilidades, conselhos práticos, atitudes e maneiras de fazer foram sendo transmitidas aos professores das gerações futuras, se transformando em um código uniforme das maneiras de fazer, uma verdadeira tradição pedagógica, que se propagou pelo menos até o século XX sem grandes alterações (GAUTHIER et al., p.328).

No princípio do século XX a pedagogia tradicional enfrentou duras críticas geradas por um movimento chamado de Pedagogia Nova, contrário à prática de ensinar da mesma forma que os professores antecessores o faziam, por imitação e fórmulas repetidas, ritualizadas e não-problematizadas. Duas tendências dentro da Nova Pedagogia vão se distinguindo ao longo do tempo: o movimento “experencial”, cujo centro das ações estava direcionado para um entendimento do aluno e de suas capacidades de aprendizagem e outro, mais científico, chamado “experimental”.

²⁷ Nome latino de Jan Amos Komensky, humorista da Reforma e renovador da pedagogia (GAUTHIER et al, p. 237, 1998)

Este segundo movimento buscou inspiração nas bases empíricas da Ciência “objetiva e experimental”, visão preponderante na época que resiste até os tempos atuais.

Nessa época de desenvolvimento da Ciência, a pedagogia não quer mais reproduzir a ordem da natureza com reflexo de Deus, buscar nela o modelo para o seu método; ela se apoiará num procedimento racional e científico para desenvolver saberes positivos e maneiras de fazer testadas experimentalmente. A Ciência passa a ser o novo fundamento da pedagogia (GAUTHIER et al, p. 329, 1998).

Foi nessa mesma época que a psicologia se aproximou da pedagogia, apresentada como disciplina de referência por explicar de forma sistemática certos comportamentos infantis. É a busca pelo entendimento dos processos de aprendizagem que move a pesquisa em educação durante a primeira metade do século XX e até meados da década de 70. O que vem a seguir é a constatação de que o universo a ser estudado é complexo demais, acabando por se verificar a impossibilidade de fundamentar a ação do professor de maneira científica e objetiva (GAUTHIER et al., p. 331, 1998), pois quanto mais descobre, mais percebe que há por desvelar, descortinando infinitudes. Em 1975 é celebrado o congresso do National Institute of Education (GAGE, 1975 apud PERAFÁN, 2004), onde Lee Shulman coordena uma seção de debate cujo objetivo era discutir a vida mental dos professores. Outro marco histórico importante é a fundação da ISATT – International Study Association on Teacher Thinking²⁸, na Universidade de Tilburg, New Orleans (USA), em outubro de 1983 (PERAFÁN, p. 42, 2004).

A partir deste ponto, o professor e sua racionalidade aparecem como novo fundamento da pedagogia²⁹ com base em trabalhos de pesquisa realizados a partir do último quarto do século XX e que indicam a profissionalização docente, ou seja, o professor passa a ser visto como um profissional munido de saberes específicos e que, quando colocando frente à situações complexas, resiste à aplicação de regras e fórmulas dos saberes já adquiridos, pelo contrário, analisa, delibera, julga e decide a ação a ser adotada, o gesto a ser feito ou a palavra a ser pronunciada antes, durante e após o ato pedagógico (GAUTHIER, p. 331, 1998). Essa razão [do professor] seguramente se ampara em saberes de diversas ordens, mostrando-se dependente do contexto e da contingência que o momento sugere,

²⁸ Associação Internacional para Estudo do Pensamento do Professor

²⁹ Ver Gauthier, C. La raison du pédagogue. In C. Gauthier, M. Mellouki, M. Tardif (dir.). Le savoir des enseignants. Que savent-ils? (p.187-206). Montreal: Logiques.

inclusive das relações entre as disciplinas que constituem o currículo escolar, constituindo que o ele chama de “reservatório de saberes”. É nesta base que o professor procura os conhecimentos que julga necessário mobilizar para poder desempenhar seu papel diante de uma dada situação de ensino. Explicitar o reservatório é, para ele, um grande auxílio na especificação da profissão docente.

Gauthier (1998) estabelece sua crítica partindo de algumas concepções de senso comum sobre a profissão docente e que acabam por permear o campo da Educação, entre as quais cita: *basta conhecer o conteúdo, basta ter talento, basta ter bom senso, basta seguir a sua intuição; basta ter experiência, basta ter cultura*. De alguma forma o autor entende que estas concepções podem manter o ensino na ignorância, no sentido de que delas decorre a idéia que o ensino não pode ser um objeto de estudo, que não se pode sistematizar resultados de pesquisa.

A noção de que *basta conhecer o conteúdo* é muito presente e, de modo preocupante, é compartilhada também por um bom número de docentes universitários, os quais atuam como formadores de novos professores. Aquele que ensina e se mostra minimamente preocupado em refletir o que pratica tem muito claro que esta dimensão do fazer docente é condição necessária, mas absolutamente insuficiente para uma prática de ensino eficaz sob diversos pontos de vista. Talvez seja um risco afirmar que esta dimensão seja a mais evidente dentro da prática docente, mas não é ousado afirmar que não é possível reduzir o ensino, uma atividade de grande complexidade, a uma única dimensão.

As idéias de que *basta ter talento, bom senso ou basta seguir a intuição* para atuar como professor exhibe modos diferentes de uma crença no inato, no dom, numa capacidade para o ensino que a pessoa tem ou não tem, e ponto final. Ora, são idéias comuns que não resistem a um exame mais cuidadoso, seja ele baseado nas teorias sobre o pensamento humano ou nos próprios conhecimentos já consolidados no atual estágio do desenvolvimento das pesquisas em Educação.

As duas últimas concepções - *basta ter cultura ou basta ter experiência* – aproximam-se no sentido de que conduzem, mesmo que por caminhos distintos, para uma sobrevalorização da prática e para a generalização da afirmação de que pela experiência qualquer um se torna professor. Ao reforçar apenas os conhecimentos ditos eruditos como base para uma boa ação docente, a primeira idéia sugere que o aprendizado da docência se restringe à prática efetivada como aplicação criteriosa desses conhecimentos eruditos. A segunda concepção,

relacionada com a aquisição de experiência vivenciais, no mínimo secundariza os aportes teóricos advindos da aprendizagem da docência, sem os quais não há formação plena.

Após rebater as críticas, Gauthier (1998) defende um conjunto de saberes ou conhecimentos (num total de seis) que em sua concepção seriam aqueles necessários ao ensino, à docência, aos professores, constituindo o “reservatório de saberes” próprio da profissão docente:

Saberes Disciplinares - produzidos por cientistas e pesquisadores. Não são conhecimentos produzidos diretamente pelos professores, mas estes precisam entender e dominá-los para poder ensinar. Em se tratando do professor de Física, especificamente, é possível traçar um paralelo com o conhecimento da estrutura conceitual da Física, seus elementos componentes e o processo de sua constituição epistemológica.

Saberes Curriculares - relativo aos programas curriculares, quer sejam eles sugeridos pelas instâncias Federais, Estaduais ou Municipais, sejam aqueles advindos da tradição praticada nos diversos níveis de escolaridade, sejam aqueles sugeridos ou orientados pelos manuais escolares (livros didáticos), sejam aqueles decorrentes dos programas pautados nos exames vestibulares para o ingresso no Ensino Superior, sejam aqueles utilizados em momentos específicos do sistema nacional de avaliação da educação. As unidades escolares, por diversos motivos e razões e por prerrogativas de autonomia, selecionam e organizam certos conhecimentos do conjunto disponível pelas diversas áreas do saber e os transformam em saberes escolares³⁰. No âmbito da docência se julga necessário que dominar o processo de constituição desses programas escolares e, sobretudo sob a atual legislação educacional, capacitar o professor para que este participe e contribua para uma elaboração adequada e justificada da programação curricular da escola em que atua, sabendo transformar a estratégia em ação. No caso da Física, o professor deve conhecer e ter poder de análise sobre as diversas propostas existentes para o Ensino de Física nas Escolas de Educação Básica.

³⁰ Sugere o desenrolar de um processo de Transposição Didática, explicitado mais adiante.

Saberes das Ciências da Educação – tratados como sendo os conhecimentos mais específicos que não estão ligados diretamente à ação pedagógica de cada professor em particular, mas funcionam como pano de fundo comum para que todos professores desenvolvam suas respectivas ações pedagógicas, ou seja, remetem para ação docente em qualquer área do conhecimento. Esses saberes formam um conjunto de informações sobre a estrutura e o desenvolvimento da própria profissão, sobre a estrutura e o funcionamento da escolaridade de modo geral, sobre a organização dos tempos e espaços de uma unidade escolar em especial, sobre o desenvolvimento humano e sobre a educação de maneira ampla.

Saberes da Tradição Pedagógica - são aqueles conhecimentos que se estabeleceram historicamente, no processo de constituição da própria escola e da escolaridade como a conhecemos hoje, relacionados ao significado da profissão e à caracterização da escola e da ação pedagógica. Essa base de conhecimentos começa a se estabelecer desde a participação do futuro professor como aluno do sistema escolar e que acaba por justificar os possíveis reflexos condicionantes percebidos em futuras posturas e atitudes dos professores iniciantes. Se por um lado são conhecimentos comuns a todos os professores, por outro sofrem adaptações, modificações, transformações em relação à experiência particular e somente podem ser validados pelas discussões com conjuntos de professores. Analisando o caso particular dos futuros professores de Física existem outros fatores que reforçam a tradição pedagógica estabelecida, pois parte considerável dos cursos de formação inicial estimulam a aprendizagem passiva devido ao formato predominantemente expositivo das aulas ministradas. Esses mesmos futuros professores acabam mais susceptíveis ao modelo educacional relacionado com a recepção/transmissão do conhecimento (McDERMOTT, 1990, apud CARVALHO e GIL-PÉREZ, 2000, p. 68-69).

Saberes Experienciais – apresentam alguma semelhança com os saberes da tradição pedagógica na forma como são adquiridos, diferenciando-se a partir do momento que se mostram resultantes das experiências próprias vivenciadas no cotidiano da profissão. Formam um grupo de regramentos pessoais que vão se constituindo e rotinizando a prática docente. Como todo conhecimento originado da prática e para ela voltado, esses saberes correm o risco de serem extremamente

pragmáticos e limitados, pelo fato de estarem baseados em pressupostos e argumentos que, costumeiramente, não são tratados com o rigor necessário. Portanto, são conhecimentos privados, não vinculados estritamente aos conteúdos de ensino, mas que acabam por estabelecer uma espécie de jurisprudência pessoal composta de uma série de estratégias e de procedimentos que, apesar de serem utilizados e avaliados constantemente pelo professor, permanecem em segredo e, dificilmente, são apresentados para avaliação de um conjunto de professores. Assim, são conhecimentos estritamente pessoais, dificilmente compartilhados, e que se baseiam e incorporam, como uma espécie de amálgama, todos os conhecimentos anteriores. No caso de um professor de Física as estratégias pessoais típicas de sala de aula utilizadas para ensinar determinados tópicos, assuntos ou conceitos são elaboradas de modo privado e se estabilizam no tempo. Entretanto, não passam por argumentos justificativos e nem pela validação dos pares, e mesmo assim constituem parte do conjunto de saberes experienciais desse professor.

Saberes da Ação Pedagógica - são os conhecimentos experienciais de cada professor, submetidos à avaliação segundo parâmetros de rigor científico e apresentados a um conjunto de outros professores para efeito de análise e validação, ou seja, passam pelo crivo de uma comunidade de pesquisa. Uma vez conseguida, esta validação permite que estabeleça, ainda que sempre em caráter provisório, um conjunto de saberes próprios e pertinentes a essa profissão. De modo geral, pode-se dizer que são conhecimentos relacionados tanto à gestão dos conteúdos de ensino, como à gestão da classe. Em um paralelo com a área de Ensino de Física, um professor pode fazer uso de uma série de concepções e práticas sobre a organização, desenvolvimento e avaliação de atividades de ensino (didáticas), a partir dos resultados de pesquisas, sobretudo de suas vivências em sala de aula. Estes conhecimentos contribuem para que a gestão dos conteúdos de ensino, no caso daqueles relacionados a assuntos de Física/Ciências, seja tratada como um conjunto de saberes passíveis de serem ensinados aos futuros professores dessa área disciplinar. Formam, assim, suporte para futuras ações a partir do momento que são difundidas.

De modo análogo a Gauthier, outra definição teórica acerca da base de conhecimento docente é elaborada por Shulman (1987). Este autor afirma que o

conhecimento para o ensino é composto de várias categorias e dimensões a elas associadas, agrupando-as em três categorias básicas: o **conhecimento do conteúdo específico**, relacionado com o corpo teórico de uma área disciplinar; o **conhecimento pedagógico geral**, associado ao conjunto dos conhecimentos próprios de qualquer profissional do ensino, independentemente da área disciplinar ou nível de escolaridade em que atue; e **conhecimento pedagógico do conteúdo**, um grupo de saberes em constante produção e transformação, que não prescinde dos outros saberes para se estabelecer e que possui uma característica particular, permite que o professor estabeleça uma relação de protagonismo em sua ação pedagógica.

A proposição de Shulman é lembrada aqui por não esquecer de destacar a especificidade de uma dada atuação docente, o que é de extrema relevância para sua referência quando tratamos de Ensino de Física. Os investimentos da pesquisa têm justificado a consolidação desta área como um campo repleto de particularidades que precisam ser respeitadas. Existem aprofundamentos teóricos sobre as dificuldades básicas dos alunos no processo de aprendizagem, sobre as concepções prévias relacionadas aos tópicos a serem ensinados e manifestados recorrentemente pelos alunos, sobre as capacidades necessárias para construir suas concepções/representações desses tópicos, sobre as formas diversas de organizar os materiais curriculares, definindo prioridades para tópicos específicos, escolhendo abordagens mais adequadas, considerando os contextos de ensino, sobre a resolução de problemas, sobre a Didática das Ciências, entre outros estudos que formam o conjunto de conhecimentos abarcados tipo de conhecimento particular, da mesma forma que citado por Shulman. São os conhecimentos desse conjunto que sustentam a especificidade de uma dada atuação docente.

Com base nesse conjunto de saberes docentes, podemos lançar algumas expectativas e alguns desafios para a formação dos professores, identificando-o através da pesquisa metodologicamente organizada.

Tendo como base esse conjunto de saberes docentes, seja pelas categorias elaboradas por Gauthier, mais amplas, ou pela proposição de Shulman, mais concisa, estamos interessados em analisar como os professores de Ciências, especificamente os de Física, acessam o conjunto de conhecimentos necessários à docência para atender a perspectiva de tratar FMC no Ensino Médio. Ou seja, o

desafio que estabelecemos aqui é de investigar como uma ampla base de conhecimentos pode garantir o tratamento de temas envolvendo FMC.

2.5.2 Investigando a docência

As linhas de pesquisa que discorrem sobre a racionalidade docente e os mecanismos do pensamento do professor tomam corpo no momento em que as teorias cognitivas, especialmente aquelas sobre o processamento da informação, ganham espaço diante das duras críticas que são lançadas às teorias da psicologia, até aquele momento consideradas as maiores embaixadoras da pedagogia (PERAFÁN, p. 45, 2004) .

Ao consultar a literatura³¹, Schoenfeld (1998) percebe que não há uma teoria da aprendizagem profissional docente, apesar do grande número de trabalhos que descrevem conhecimentos, comportamentos, crenças, valores, processos de atribuição de significados e de tomadas de decisão por parte dos professores. A falta de um detalhamento sobre as relações existentes entre os fatores que influenciam a tomada de decisão docente levou o autor a desenvolver uma teoria de 'ensino-em-contexto'³², motivada por um entendimento processual do que ocorre dentro da sala de aula.

Nossa meta não é criar pequenos robôs ensinantes, ou programas de computador que atuem como professores particulares. Ao invés disso, o objetivo é entender o que os professores fazem em sala de aula – como e por que eles fazem e de que maneira implementam suas decisões em suas práticas (SCHOENFELD, 1998, p.13).
(tradução nossa)

³¹ Entre as publicações citadas estão o *Handbook of Research on Teaching* (Wittrock, 1986), que inclui um capítulo sobre o processo de pensamento dos professores (Clark & Peterson, 1986). Há também o volume 20 do *Review of Research in Education* (Darling-Hammond, 1994), onde há uma coleção de artigos relacionados com conhecimento de professores e suas práticas. O *Handbook of Research on the Teaching and Learning of Mathematics* (Grouws, 1992), incluindo estudos sobre a cultura em sala de aula, efeitos da prática docente, pensamentos dos professores e conhecimento docente, especialmente os trabalhos de Fennema e Franke (1992) e Thompson (1992). Ainda há referência aos trabalhos no *Handbook of Educational Psychology* - (Berliner & Calfee, 1996), (Calderhead, 1996) e (Borko & Putnam, 1996).

³² Do termo original 'Teaching-in-context'.

A escolha pelo autor se justifica por sua proximidade com a área de Ensino de Ciências, mas especificamente o ensino da Matemática³³, e pela estrutura de sua proposta, baseada em um modelo elaborado para entendimento dos fatores que se implicam na formação de um saber docente, que pode explicitar o ensino tradicional ou progressista, menos ou mais estruturado. O modelo serve para predições, similar ao que ocorre nas Ciências físicas, mesmo sendo estas predições restritas a um contexto muito específico. A proposta de Schoenfeld está focada em quatro pontos, possíveis de serem entendidos também pelas referências de Gauthier e Shulman, que segundo o autor não são prioritários um em relação ao outro, já que se afetam mutuamente:

- As crenças (Beliefs): definir quais os objetivos e planos de ação possuem mais prioridade (em algum momento particular, num contexto particular) é função reservada da opinião e da epistemologia do professor (SCHOENFELD, 1998, p.16) (Tradução nossa)

- As metas ou objetivos (Goals): o que o professor faz em um dado momento para dar forma aos seus objetivos de ensino. (SCHOENFELD, p.17)

- O conhecimento do professor (The knowledge base): o que o professor pretende fazer em uma determinada situação é, naturalmente, fundamentado na alocação de recursos intelectuais que o docente pode trazer para essa situação – isto é, a sua base de conhecimento. É uma categoria extensa, que inclui os conhecimentos dos alunos, do contexto e do próprio conteúdo (SCHOENFELD, p.15).

- O mecanismo (Mechanism): como e por que os professores fazem o que fazem e o fazem a qualquer momento? Schoenfeld percebe e indica, através de seus estudos em sala de aula, que a estrutura do modelo de interação é similar e os mesmos mecanismos básicos funcionam em múltiplos níveis de detalhamento: em um ano, em uma unidade particular, em uma lição ou segmento de lição, sobre um problema particular ou sobre um pequeno desafio em sala de aula (SCHOENFELD, p.15). Os três fatores anteriores são conectados como um mecanismo, influenciando-se mutuamente no contexto de análise.

³³ Alan H. Schoenfeld atua como presidente da American Educational Research Association. Sua principal linha de pesquisa é sobre ensino e aprendizagem de Matemática. Atua como professor associado junto ao departamento de Matemática na Universidade de Berkeley – USA.

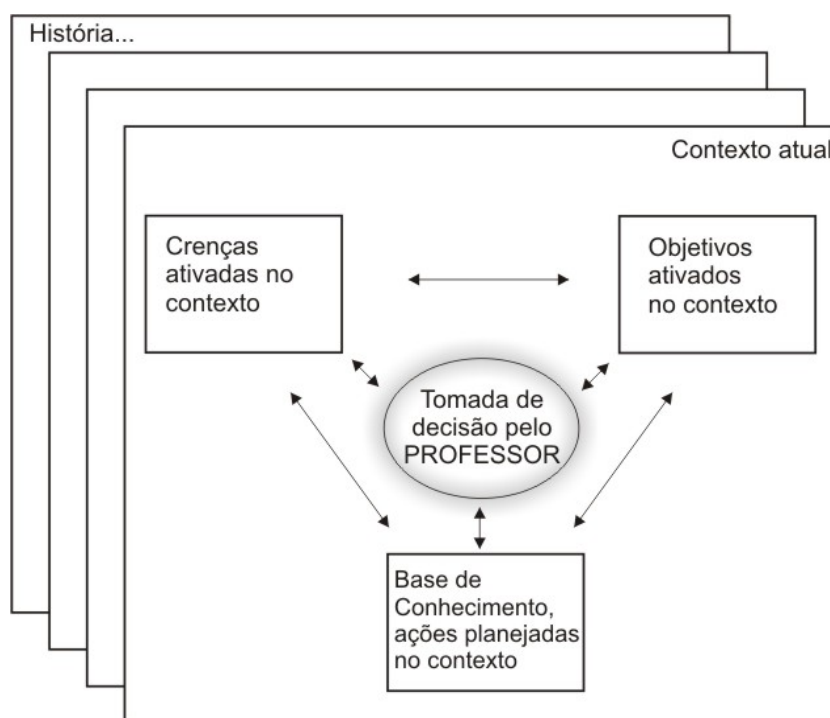


Ilustração 1 - Modelo de Schoenfeld (1998, p.14)

Dentro deste modelo de entendimento se percebe a sensibilidade ao contexto e à história, ou seja, as decisões e as escolhas das ações, por parte dos professores, dependem do contexto mais imediato, da história pessoal do professor, de sua história com seus alunos e de suas crenças, metas, planos de ações ativados em função das necessidades urgentes que demandam seu processo de ensino. As decisões tomadas pelo professor surgem de metas altamente prioritárias, ajustadas às crenças e recursos disponíveis em dado momento e compatíveis com os mecanismos disponíveis para viabilizar o processo, relacionados com os conhecimentos do professor, que incluem uma gama variada de planos potenciais de ação (MIZUKAMI et. al. , 2002, p. 64).

Duas suposições são compreendidas dentro dessa proposição inicial: a primeira faz referência aos níveis de ativação dos componentes do modelo, para a qual fatores definidos como sendo de prioridade alta se apresentam consistentes e se apóiam mutuamente; a segunda proposição diz respeito às ações que o professor empreende, que devem por sua vez condizer com as crenças, metas e conhecimentos ativados para aquela situação.

Apesar de restringir seu modelo à sala de aula, Schoenfeld apresenta esse espaço do ponto de vista docente, explicando assim uma parcela significativa do que ocorre em seu interior, especialmente em função do papel que o professor

desempenha. Se por um lado o autor desconsidera fatores importantes para um entendimento mais profundo do contexto de ensino (social, econômico, organizacional, curriculares,...), por outro lado fornece elementos para entender como a subjetividade do professor, através de suas crenças, conhecimentos e objetivos educacionais interpenetram a configuração do ensino desenvolvido por esse profissional (MIZUKAMI et al., 2002, p.63).

A teoria proposta por Schoenfeld se oferece como referencial para entender os processos de desenvolvimento e interpretação de experiências de ensino e aprendizagem, sendo esse um dos motivos de utilizá-la neste trabalho.

O modelo proposto permite descrições apuradas de uma ampla variedade de tipos de ensino [...] Focaliza não apenas a razão de o professor fazer o que faz (crenças e metas individuais), mas o que possibilita que ele o faça, ou seja, os vários tipos de conhecimentos envolvidos (MIZUKAMI et al., 2002, p.64)

Quando se considera o ambiente de sala de aula, entendido como ambiente social complexo, Schoenfeld se oferece como referencial para uma descrição teórica do comportamento humano nesses ambientes cujas reações são intensas e fortemente influenciadas por todo um contexto externo. Na defesa de seu modelo de entendimento, o autor destaca que:

a) É necessário entender como interagem crenças, metas e bases de conhecimento. Como exemplo cita o caso de dois professores com crenças educacionais similares mas que podem tornar seus objetivos de ensino totalmente diferentes, o que indica que outros fatores adjacentes compõem vetores de influência na tomada de decisão por parte do docente;

b) Mudanças significativas em um dos parâmetros (crenças, metas ou base de conhecimento) afetam e provocam o realinhamento dos outros;

c) O modelo explicativo é baseado no formato de mecanismo³⁴, visando entender a dinâmica do ensino;

d) Ao permitir a criação de “cenas” de pessoas ensinando, o modelo oferece um quadro detalhado para entender o que os professores fazem e por que o fazem.

Explicitar um modelo de entendimento das ações docentes e aplicá-lo em situações diferenciadas, como é o caso desta pesquisa, confirma um esforço teórico

³⁴ Termo convenientemente adotado no sentido de que os fatores se inter-relacionam, formando um conjunto, um mecanismo no todo, como engrenagens ligadas umas às outras.

em favor de melhorias sobre a compreensão da ação pedagógica. Por este motivo, se oferece a partir deste trabalho mais um referencial teórico que embasa experiências de ensino (que não desconsideram a aprendizagem!) enquanto estratégia de desenvolvimento profissional (estratégia formativa) e de compreensão do processo de desenvolvimento profissional (estratégia investigativa), apesar das limitações que o modelo proposto por Schoenfeld apresenta. Pensamos que a convergência entre alguns referenciais teóricos que versam sobre o saber docente possa suprimir, em grande parte, as fraquezas individuais de cada modelo. Esse esforço é válido a partir do momento que visualizamos o professor como agente transformador do ensino. Ao mesmo tempo buscamos explicitar um entendimento das ações docentes em favor de melhorias em relação à formação de professores de Física para atender ao novo contexto, o ensino de FMC.

Para esse contexto de pesquisa devemos fazer recortes no modelo para atender as especificidades de nosso foco, ou seja, investigar como uma ampla base de conhecimentos, entre os quais se situam conceitos de FMC, é acionada diante de uma situação de ensino originada em um tema. Neste caso, conceitos da Didática das Ciências são de fundamental importância, principalmente o da Transposição Didática.

Na busca pela ampliação do entendimento sobre as estratégias de ensino que os professores (de Física) adotam quando o assunto é um tópico relacionado com FMC, assume-se foco no setor de elaboração de conteúdos, cuja dimensão epistemológica abarca os processos de Transposição Didática. Esse processo de transformação do saber é entendido como sendo o mecanismo utilizado pelo professor para acessar sua base de conhecimentos particular, transformando-a em um saber escolar aplicado com seus alunos em sala de aula. Por outro lado, conhecimentos sobre os enfoques CTS e ACT são de grande relevância, pois o cotidiano está repleto de aplicações advindas de conhecimentos de FMC e suas tecnologias. Metodologias que trabalham a relação de Ciência, Tecnologia e Sociedade podem ser a opção dos professores. Também devemos considerar estratégias de ensino que possibilitem tratar os processos de modelização que a Ciência promove, especialmente aqueles que remetem para a superação dos eminentes análogos clássicos, outra barreira a ser superada através da abordagem de temas de C&T contemporâneas. Entender completamente como esse acesso se dá sugere outros esforços que nos fogem do alcance neste momento. O que

fazemos, então, é reunir elementos para compor um retrato de um desafio docente: a abordagem de temas relacionados com FMC na educação básica.

2.5.3 Transformando a base de conhecimento em saber escolar

As relações que se fazem entre elementos em uma sala de aula (docentes, alunos e saberes) são por demais complexas, aquém do que pode se estimar num primeiro instante. Entre essas relações emerge o termo Transposição Didática, doravante TD (ilustração 2), cuja referência epistemológica a constitui como um instrumento de análise do processo de transformação do conhecimento. O termo foi introduzido em 1975 por M. Verret (ASTOLFI et al, 1997) e, em 1985, rediscutido por Chevallard em seu livro *La transposition didactique*, onde se organiza e cria-se a estrutura o conceito de TD no Ensino da Matemática. Nesse intervalo de tempo, em 1982, Yves Chevallard e Marei-Alberte Joshua realizam um trabalho para discutir as modificações da noção matemática de “distância”, desde a origem do termo até sua transformação em objeto de ensino utilizando a TD.

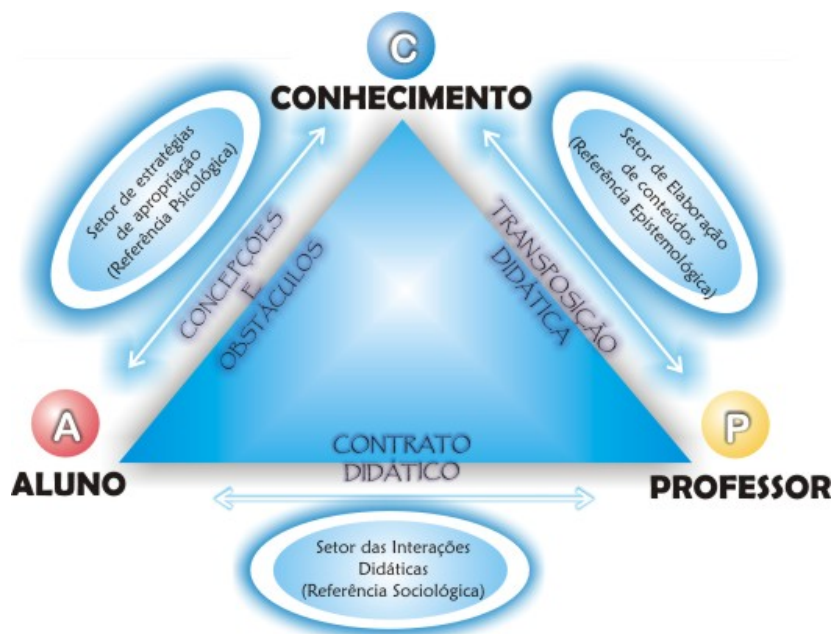


Ilustração 2 - Triângulo Didático³⁵

³⁵ Adaptado de ASTOLFI, Jean-Pierre. *Et al. Mots-clés de la didactique des sciences*. Bruxelles: De Boeck & Larcier, 1997. p.72.

Para Chevallard (1985), o processo de transformações adaptativas que um conhecimento sofre até tomar seu lugar como objeto de ensino resume o trabalho de transformação denominado de TD. Ele também categoriza os diversos níveis ou patamares de produção do conhecimento, sugerindo distinção entre o saber primeiro (saber sábio - aquele produzido pelos cientistas) e que mantém um distanciamento do saber ensinado (aquele passado para os alunos)³⁶. Incorpora a TD como ferramenta que permite recapacitar, interrogar as evidências, por em questionamento as idéias mais simples, ou em outros termos, o processo de transposição permite exercer a devida vigilância epistemológica³⁷.

Em função do que Chevallard chama de *sistema didático*, os conteúdos que serão ensinados precisam seguir certos requisitos didáticos específicos, de forma a tornar possível sua abordagem no nível de ensino em que se propõe. O conhecimento deve, então, sofrer deformações, tornando-o ensinável e distinto do saber que o originou. E mais, o sistema didático é um sistema aberto, somente compreensível em seu interior se levando em conta seu exterior. Sua sobrevivência pressupõe a compatibilização com o meio.

O mesmo autor atribui papel importante, ou fundamental, ao que chama de *entorno imediato* do sistema didático, moldura de um sistema de ensino extremamente complexo, considerando inclusive fluxo de alunos e a uniformidade do sistema. Este entorno se caracterizará como *noosfera* (esfera em que se pensa, segundo uma diversidade de pensamentos e interesses), na qual se aloca poderes de decisão sobre os processos de TD que o saber sofre. Para que o ensino seja possível deve, inevitavelmente, ser compatível com seu entorno. Nessa linha de entendimento, a noosfera de cada saber tem poder de legitimação do conteúdo a ser ensinado e pode também banalizar determinados assuntos.

Outra característica importante destacada na obra de Chevallard faz referência ao “desgaste” do saber ensinado, que segundo o autor pode ocorrer de duas formas: biologicamente e moralmente. O caráter biológico do conhecimento o faz envelhecer, suscitando renovação, assim como o envelhecimento moral se

³⁶ O patamar intermediário é representado pelo *saber a ensinar*, pautado principalmente em esferas de influência que vão desde os autores de livros ou manuais didáticos que transpõem o saber sábio até a opinião pública em geral, fator que influencia de algum modo o processo de transformação do saber. Assim, também o *saber a ensinar* não pode ser percebido como mera trivialização do saber de origem anterior.

³⁷ Ação exercida pelo professor no sentido de garantir que o saber ensinado aos seus alunos não se desvia totalmente do saber de origem que deu início ao processo de transposição.

comporta de acordo com as necessidades atuais da sociedade em que está inserido. O desgaste do saber ensinado apresenta como resultado final a incompatibilização do sistema de ensino com seu entorno, a noosfera. Para restabelecer a compatibilidade se torna indispensável a instalação de uma nova corrente de conhecimentos proveniente do saber sábio. Chevallard situa a noosfera como uma espécie de tampão³⁸ do processo de TD até mesmo em períodos de crise, agindo de forma a manter a autonomia do funcionamento didático.

O trabalho que compete à noosfera é o de elaborar um novo conhecimento (texto didático) que venha a se consagrar em uma estratégia de ataque às dificuldades de aprendizagem previamente identificadas e que violam regras estabelecidas relacionadas com um determinado assunto. Esse texto é ferramenta fundamental para a prática didática do professor. Cabe também ao grupo da noosfera fazer uma troca “terapêutica” entre saber sábio e saber ensinado, buscando modernizar o último. Por fim, a noosfera busca, segundo Chevallard, a organização de um bom ensino, mesmo que por meios incertos.

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 (REZENDE JR, pg. 104, 2006).

Quanto ao papel do professor, Chevallard indica que o profissional simplesmente trabalha com a TD e não a faz, pois não tem poder de eleição de conteúdos. O que o professor faz é eliminar do processo um conhecimento que ele não domina. Quando o processo finda, o saber gerado se encontrará profundamente modificado, mantendo segmentos suficientemente amplos do saber sábio que o originou como forma de justificar e/ou validar suas escolhas. No âmbito deste trabalho esta posição pode ser questionada. Até que ponto as escolhas do professor determinam a construção de um processo de TD? Ao escolher o professor também determina como estes conteúdos serão trabalhados em sala de aula, quais as referências utilizadas, qual o enfoque principal, qual o objetivo daquele ensino. Não seria a execução de um novo processo de TD? Fica uma questão em aberto.

³⁸ Analogia com os sistemas químicos.

Enquanto isso, Martinand, citado por Astolfi e Develay (1990, p. 52), formula uma crítica que possibilita expandir o processo de TD para além do texto do saber de referência a partir das *Práticas Sociais de Referência* (PSRs), capazes de caracterizar um processo de TD sistemático³⁹.

A importância da proposição de Martinand localiza as PSRs como fator determinante para que se evite, por exemplo, a utilização de exemplos que não fazem parte da cultura do estudante e por isso não lhes são significativos. Da mesma forma, ao considerar estas práticas se vislumbra uma possibilidade de atenuação do dogmatismo e formalismo imposto pelo processo de TD do saber sábio ao saber a ensinar.

Tais práticas estão bastante próximas do professor, o que o autoriza e lhe possibilita realizar uma TD do saber a ensinar para o saber ensinado mais adequada, como também possibilita resgatar a contextualização histórica da produção do saber sábio, diminuindo o excesso de artificialismo e de neutralidade do saber a ensinar (PIETROCOLA, 2001, p.88)

Pelo menos uma questão que pode ficar aqui: até que ponto a base de conhecimentos do professor pode ser entendida como reflexo das influências geradas pelas PSRs de seu entorno? Reportamo-nos ao modelo de Schoenfeld: crenças particulares, objetivos de ensino, conhecimentos conceituais e didático-metodológicos, todos mesclados em um “caldeirão” borbulhante que alimenta estratégias de ensino. Qual destes fatores assume maior influência nas escolhas que o professor faz em relação ao conteúdo efetivamente transposto em sala de aula? Seria o saber ensinado resultado de uma transposição didática mais ampla que mescla toda a variedade de idiosincrasias, conhecimentos de conteúdo, de métodos, de influências internas e externas à escola?

Percebemos, mais uma vez, que as relações representadas pelo triângulo didático são imediatamente reformuladas quando se observa o mar de complexidades na qual estão inseridas, reconstruindo aquilo que a primeira vista pode suscitar um trânsito ordenado entre seus atores.

Tentando ir um pouco além: em relação ao conteúdo para o ensino da Física escolar é possível identificar o desencadeamento de processos de *síntese* e

³⁹ Essa caracterização considera os *objetos de trabalho* (domínios empíricos), os problemas científicos (historicamente reais ou não), as atitudes e funções sociais (visão de Ciência), os instrumentos materiais e intelectuais e o saber produzido para responder aos questionamentos iniciais.

linearização, pois pretensamente se chega mais rapidamente ao âmago das teorias científicas e, temporalmente falando, há ganhos em termos de adequação com o (escasso!) 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 (REZENDE JR, pg. 106, 2006).

É nesta direção que podemos fazer apontamentos: a Física dita Clássica passou por um processo extenso de adaptações até chegar ao patamar de ser ensinável, o que não representa, obrigatoriamente, sucesso de aprendizado por parte dos alunos. Ainda não descobrimos a receita! Ora, não podemos negar os resultados deste processo nem discordar que existiu uma transformação do saber original em saber escolar. Também não podemos negar o fato de que este mesmo processo vem sendo desencadeado em relação aos temas de FMC⁴⁰. Reflexos são percebidos há algum tempo. Aos poucos temas de C&T Contemporâneas estão sendo inseridos em livros didáticos (manuais) e cobrados em exames de vestibular (a ordem pode ser invertida!). Igualmente, percebemos um processo complicado e que exige novas demandas a cada passo.

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 [de FMC], e reforçando ainda mais os clássicos e combatidos temas como cinemática, termometria, etc. (BROCKINGTON; PIETROCOLA, 2004).

Rezende Jr. (2006) ainda alerta que, recorrendo a outras análises decorrentes da TD de Chevallard, a necessidade escolar em operacionalizar na forma de exercícios para o treinamento e avaliação parece eminente, principalmente sob o olhar dos professores. Concordamos que esta observação não deve ser tomada com espanto, visto que o processo de formação inicial da maioria licenciados de Física, centrada na resolução de extensas listas de exercícios, que são rapidamente adaptáveis para sua respectiva avaliação em provas e exames.

⁴⁰ Pode-se verificar isso recorrendo à lista de trabalhos de pesquisa enumerados nesta dissertação e à própria proposta defendida e analisada mais adiante.

Também nos associamos a Rezende Jr. (2006) quando este advoga em favor da construção de propostas de abordagem para FMC que considerem a natureza conflitiva da temática e as diferenciações dos objetos (moderno e clássico), considerando que a linguagem matemática inerente ao tratamento desses assuntos não é o único ou o maior obstáculo a ser superado. As dificuldades que surgem quando são necessários processos de modelização pelos estudantes, seja da Educação Básica ou mesmo dos futuros professores, mostram que o desafio supera o obstáculo matemático, fator que corrobora para as dificuldades inerentes ao processo de TD⁴¹. Para muitas situações e fenômenos onde a FMC oferece explicações não temos âncoras em modelos do nosso mundo macroscópico ou das sensações mais imediatas e isso é percebido como barreira intransponível para boa parte dos professores de Física da Educação Básica. Não existe análogo clássico para o fóton! Quarks estranhos e charmosos, confinados em um mar de glúons, formam os prótons que por sua vez compõem os átomos que nos formam... Que riscos trazemos à tona quando falamos para nossos alunos sobre um mundo imperceptível, idealizado no âmago da Ciência Moderna, sobre o qual se constrói a base da tecnologia que hoje conhecemos? Uma pergunta que precisa ser respondida, não aqui, não agora. Somente uma certeza: estamos realmente diante de novas situações e novas demandas.

2.6 Elementos de uma proposta didática em favor da autonomia

Na visão de Castells, não há mais como tentar implantar modelos de desenvolvimento alternativos, com menores exigências tecnológicas, ganhos de produtividade reduzidos e que assegurem a preservação integral da identidade cultural dos povos. A velocidade do avanço na Internet não deixou margem para escolha, limitando as trajetórias de desenvolvimento de modo a privilegiar apenas aquelas nações que optarem pela educação digital de sua população. Por esse motivo, a se perpetuarem as desigualdades digitais, se delineia uma crise a partir da marginalização dos países que não optarem – ou não tiverem a oportunidade de optar – pela imersão na Era da Informação (NAZARENO et. al., 2006, p.18)

⁴¹ Algumas regras podem ser atribuídas ao processo: modernização do saber escolar, atualização do saber a ensinar, articulação entre o saber novo e antigo, transformação de um saber em problemas e exercícios, esforços para tornar os conceitos mais compreensíveis.

Quando o professor elege determinadas metas para o ensino de algum conteúdo deve, concomitantemente, vislumbrar quais os resultados mínimos esperados dos processos cognitivos de seu aprendiz, ou seja, ser capaz de estimar como determinado conteúdo pode ser apreendido pelo aluno e se consolida em um processo de formação efetiva. Se essas metas fossem explicitadas tornar-se-iam mais evidentes, inclusive, os parâmetros deste caráter formativo que o assunto em pauta deveria trazer em seu interior. A Didática das Ciências já aponta que a aproximação entre os objetivos de ensino e resultados de aprendizagem é uma das condições que favorece a efetivação dos processos pedagógicos em sala de aula, atuando em favor do melhor aproveitamento dos conhecimentos que estão em jogo em um dado momento (CIMA e ALVES FILHO, 2006). O que está em jogo aqui é o poder de promoção, através do ensino, das capacidades desejáveis para uma formação ampla e que permita um mínimo de autonomia crítica intelectual, política e econômica (BRASIL, 2006, p.46).

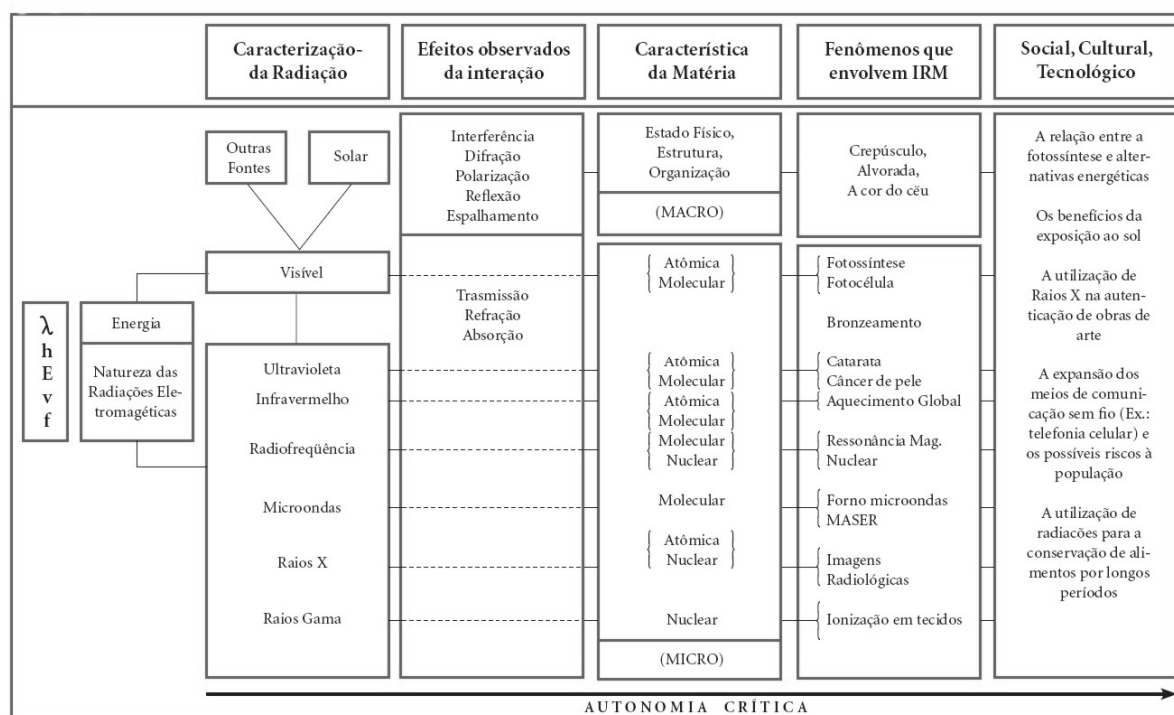
É importante que os métodos de ensino sejam modificados, capacitando o aluno a responder a perguntas e a procurar as informações necessárias, para utilizá-las nos contextos em que forem solicitadas. Na escola, uma das características mais importantes do processo de aprendizagem é a atitude reflexiva e autocrítica diante dos possíveis erros. Essa forma de ensino auxilia na formação das estruturas de raciocínio, necessárias para uma aprendizagem efetiva, que permita ao aluno gerenciar os conhecimentos adquiridos (BRASIL, 2006, p 45-46).

Nesta direção, há de se considerar estratégias de ensino que possibilitem adequabilidade de contextos e encadeamentos para a promoção da autonomia, preconizada. As Orientações Curriculares das Ciências Naturais, Matemática e suas Tecnologias servem como suporte para esta discussão, ao passo que selecionam, dentre as diversas competências que devem ser sempre trabalhadas, aquelas mais ligadas ao caráter intrínseco do conhecimento físico, como reconhecimento de símbolos, de relações de causa e efeito, de modelos físicos microscópicos, entre outras (BRASIL, 2006, p 60). Ao professor está garantido o direito das escolhas, de forma a ajustar outras competências, relacionadas com seu contexto. Como exemplo o documento aponta o tratamento do tema *radiações e suas interações* (quadro 1), onde se avalia:

▪ *Conteúdos*: ao escolher determinado tópico, o professor pode deixar de desenvolver plenamente competências ligadas a um contexto mais específico como, por exemplo, o aspecto sociocultural.

▪ *Autonomia crítica*: pode ser ampliada quando o aprendizado se expande para fora de assuntos puramente científicos, como avaliar o caráter ético do conhecimento científico e tecnológico, avaliar o papel do desenvolvimento tecnológico, compreender aparatos tecnológicos e seu impacto na vida social e assim por diante. Isso requer participação ativa e compreensão da complexidade do mundo em transformação.

▪ *Nova abordagem*: não deve limitar-se a expor apenas as características das radiações próprias ao seu caráter ondulatório, por exemplo, a propriedade de as ondas difratarem ao passar por um obstáculo, ou interferirem construtiva e destrutivamente, mas também características como absorção, refração e transmissão, que ampliam seu significado físico quando associadas à compreensão da estrutura da matéria.



Quadro 1 - Radiações e suas interações (BRASIL, 2006, p.59)

Enfim, a imbricação entre a complexidade das relações e seu respectivo aprofundamento está diretamente relacionada com a aquisição de novas competências, asseguradas através da articulação necessária para o

desenvolvimento de determinadas capacidades, sem perder de vista o foco principal, que é ensinar Física e assegurar uma formação geral capaz de proporcionar ao aluno condições de participação ativa em seu mundo (BRASIL, 2006, p.61).

Não se alimenta aqui a ilusão de que instalar processos de ensino em prol da autonomia dos estudantes seja tarefa simples. Pelo contrário, procuramos debruçar sobre as reais condições que precisam ser estabelecidas na escola para que o processo aconteça. Nessa discussão, fomentada em torno de aportes teórico-metodológicos, percebemos a dimensão do desafio que surge no horizonte, especialmente quando nos voltamos para a abordagem de temas relacionados com FMC, alvo deste trabalho.

Em consonância com Rezende Jr. (2006), retomamos a discussão sobre os conteúdos relacionados com FMC. O autor alerta para o fato de que as dificuldades de formação dos professores atuantes do EM tem gerado perturbações no caráter formativo destes conteúdos, aliado ao crescimento do aspecto mais informativo relacionado com tais assuntos. Da mesma forma indica para a riqueza da FMC enquanto objeto de estudo no Ensino Médio, acreditando que possa realmente contribuir para a formação científica e tecnológica dos estudantes, porém, não descuida das dificuldades latentes (referente ao objeto, à formação dos professores, a falta de material didático, etc.) e às fortes pressões externas à escola (REZENDE JR., p.117).

Percebendo carências da Física escolar vemos a necessidade de redimensionar a forma como se ensina e apreende os conceitos, pautando uma proposta que vai ao encontro das necessidades formativas de alunos e professores. Entre as premissas básicas desta proposta aparece o compromisso com um processo dialógico e conceitualmente rico, associado com metodologias estabelecidas, especialmente aquelas relacionadas com a utilização sistemática das novas tecnologias da informação e comunicação. Para sustentarmos a proposição que segue apresentamos alguns componentes que permitem moldar uma base teórico-metodológica em favor de um processo de ensino-aprendizagem com mais possibilidades. Julgamos necessário explicitar estes aportes já que os mesmos aparecem mesclados na proposta sobre Nanociência e suas implicações (detalhada no capítulo III), mostrando que é possível associar novos conteúdos e métodos em uma perspectiva de ensino de Física para não-físicos, dentro do último ciclo da educação básica ou mesmo fora dele. Com isso desejamos despertar o interesse

por temas atuais relacionados com áreas científico-tecnológicas ao mesmo tempo em que tornamos mais próximos a Física escolar e o ensino em favor de uma visão de mundo atualizada.

Nas duas frentes de atuação que circulamos, abrangendo desde as necessidades de formação docente até as estratégias didáticas em sala de aula, buscamos justificar nossas ações com base em peças que se auto-influenciam e podem promover suporte para estruturação de cursos de formação continuada, culminando com propostas de ação efetiva com alunos. Elegemos, assim, alguns recortes teóricos que serão minimamente explicitados: abordagem temática e temas estruturadores; alfabetização científica e tecnológica e movimento CTS; modelos e processos de modelização; aproximação entre ensino e os meios tecnológicos; atividades experimentais negociadas e avaliação do processo.

2.6.1 Temas, Abordagem Temática e Tópicos

A idéia da abordagem do Ensino de Ciências através de temas não é nova, porém persiste como um desafio (DELIZOICOV, ANGOTTI e PERNAMBUCO, 2007, p. 272). Estes mesmos autores citam Freire e Snyders como precursores da estruturação curricular pautada nos temas a partir da *abordagem temática*, cuja lógica é estruturada com base em temas com os quais são selecionados os conteúdos disciplinares, hierarquizando uma subordinação da conceituação científica em relação ao assunto central escolhido, compromissada com a abordagem conceitual⁴².

A adoção da abordagem temática representa também uma ruptura com a lógica segundo a qual os programas têm sido elaborados, a saber: a estruturação pela abordagem conceitual, que organiza os conteúdos escolares com base em um elenco de conceitos científicos (DELIZOICOV, ANGOTTI e PERNAMBUCO, 2007, p. 272).

⁴² Perspectiva curricular cuja lógica de organização é estruturada pelos conceitos científicos, com base nos quais se selecionam os conteúdos de ensino (DELIZOICOV, ANGOTTI e PERNAMBUCO, 2007, p. 190).

Resultados desta forma de abordagem podem ser percebidos nos PCN+ (BRASIL, 2002), que mostram uma organização em torno de temas transversais amplos intercalados por eixos temáticos disciplinares⁴³, compondo uma teia que tenta provocar a interação entre as disciplinas. O documento aponta que a estruturação de currículos através de temas pode auxiliar na superação da dicotomia existente entre uma formação de caráter geral baseada em disciplinas isoladas, desde que os objetos de estudo considerem o contexto real e alcancem objetivos educacionais comuns.

[...] como as disciplinas não estão usualmente organizadas em termos de competências, mas em termos de tópicos disciplinares, se desejamos que elas estejam atentas para o desenvolvimento de competências, seria útil esboçar uma estruturação do ensino capaz de contemplar, a um só tempo, uma coisa e outra. Essa é a idéia que preside a concepção de temas estruturadores do processo de ensino, para se poder apresentar, com contexto, os conhecimentos disciplinares já associados a habilidades e competências específicas ou gerais (BRASIL, 2002, p.16).

Neste trabalho a opção pelos temas se faz com proximidades e distanciamentos em relação à abordagem temática referenciada por Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2007). Aproximamo-nos a partir do momento em que adotamos como ponto de chegada os conceitos científicos, originados a partir de um tema problematizado ao qual se tenta dar significado através de uma estratégia de abordagem didático-metodológica. Distanciamo-nos a partir do momento em que nos debruçamos sobre uma situação eminentemente nova para o aluno, sobre a qual este ainda não pode emitir juízo e talvez não tenha uma cultura primeira⁴⁴ formada, apenas curiosidade despertada ou a despertar, pois a fenomenologia tratada transcende a percepção mais imediata. Ao abordar temas que trazem em seu entorno conceitos relacionados à Física Moderna precisamos superar esta falta de sensibilidade.

A aproximação com a proposta dos PCN+ também pode ser sentida a partir do momento que se valoriza o trabalho interdisciplinar, elegendo assuntos

⁴³ Para o Ensino de Física seis temas estruturadores são indicados: 1. Movimentos: variações e conservações; 2. Calor, ambiente e usos de energia; 3. Som, imagem e informação; 4. Equipamentos elétricos e telecomunicações; 5. Matéria e radiação e 6. Universo, Terra e vida. Esses temas apontam possibilidades de (re)organizar a forma tradicional de trabalhar os conceitos, atribuindo-lhes novo sentido.

⁴⁴ Definida por Snyders e relacionada com o senso comum.

tópicos relacionados com C&T contemporâneas que transcendem áreas particulares de conhecimento. Desta forma também procura-se valorizar iniciativas que visem tratar determinados assuntos relacionados com a realidade atual dentro do contexto da abrangência escolar, onde cada área do conhecimento pode somar esforços para a compreensão da situação tópica ou do tema escolhido.

Com esta intenção se vislumbra a possibilidade de estimular as discussões entre os alunos através de textos de divulgação científica, vídeos, simulações computacionais e outros mecanismos tecnológicos-comunicativos que permitam acesso a um mundo novo, inexplorado.

2.6.2 ACT e CTS

Muitos são os referenciais para o ensino de Ciências nas sociedades industrializadas. Fatores culturais e econômicos conduzem até questionamentos sobre a educação científica e tecnológica. Em outros termos, existe a necessidade de levar para todos uma alfabetização científica e tecnológica, definida por Fourez (1997) como uma forma de discutir a dependência do mundo latino e seu posicionamento acerca do desenvolvimento científico e técnico. O autor destaca, ao seu modo, a importância da tecno-ciência na cultura e no desenvolvimento.

Ao explicitar como foi tratado o ensino de Ciências no ocidente desde os anos 50, Fourez questiona o papel assumido por esta educação e utiliza o modelo infrutífero como justificativa para mudanças, citando o exemplo da criação do movimento CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade), gerado por fatores econômicos-políticos (vinculação entre ensino e aumento de riquezas), sociais (manutenção de uma real democracia) e humanistas (Ciência e Tecnologia como parte da cultura e da história). Fourez também analisou criticamente os pressupostos da Associação de Professores de Ciências dos Estados Unidos (NSTA), um dos ícones do processo de mudança no ensino de Ciências naquele país. Entre esses pressupostos estão inseridas as capacidades que deveriam ser adquirida por uma pessoa alfabetizada cientificamente, capaz de utilizar os conceitos científicos, integrar valores e saberes para adotar decisões responsáveis e compreender que a sociedade exerce controle sobre as Ciências e vice-versa. Ainda, que o indivíduo

cientificamente alfabetizado deve reconhecer limites na utilização da Ciência e que essa deve gerar o bem-estar humano, reconhecer informações válidas e compreender como a Ciência foi produzida ao longo da história, além de outros pontos.

Fourez insiste na evolução histórica do pensamento científico, dividindo-o em duas correntes principais: uma mais fundamental, ligada às áreas das Ciências puras e seus corpos de conhecimentos disciplinares, e outra orientada por projetos e relacionada com a aplicação direta do conhecimento, representada por médicos, engenheiros, arquitetos e outros. De um provável embate entre correntes diversas surgem os que defendem a distinção entre científico e técnico, de um lado por achar que a Ciência é desinteressada e por outro de ver na tecnocracia da sociedade uma justificativa da alfabetização tecnológica independente. Entretanto, alerta que tanto a Ciência como a tecnologia são processos humanos e sempre influenciados por alguma finalidade, não necessariamente econômico-prático. Expande e conceitualiza, desta forma, o que chama de *alfabetização científico-tecnológica*, pautada em três objetivos finais: a autonomia do indivíduo, a capacidade de se comunicar com os outros e o entendimento e domínio do contexto social. O autor faz muitos questionamentos sobre as competências e habilidades (capacidades e atitudes) das práticas científicas que convencionalmente se devem ensinar aos alunos e se efetivamente esse ensino é levado à cabo. Nessa perspectiva, indica algumas habilidades que deveriam compor a alfabetização científica e tecnológica, entre as quais figura o bom uso da consulta aos especialistas, dos modelos simples, das metáforas e das comparações, das traduções, da exploração das caixas pretas, dos debates técnicos, éticos e políticos, entre outros recursos.

Ao examinar a questão da interdisciplinaridade dos conteúdos no ensino de Ciências, Fourez afirma que geralmente se atribui às disciplinas um papel indiscutível na formação em Ciências e em tecnologia, aliado ao fato de que essas disciplinas facilmente se tornam dogmáticas e pouco atrativas aos alunos, levando-o a questionar até que ponto a educação científica deve permanecer baseada nas disciplinas tradicionais. Em uma tentativa de justificar o questionamento anterior, o autor lembra que pelo menos em certas circunstâncias são necessárias várias disciplinas para produzir um conteúdo de ensino que dê conta de uma situação concreta, fazendo assim um claro apontamento para prática metodológica interdisciplinar. Para ele, as disciplinas científicas atingiram um nível de

amadurecimento que as tornaram amplamente aceitas e consideradas tecnologias intelectuais, porém fora do âmbito protegido do laboratório são necessários outros modelos que possam se adaptar ao contexto aberto de uma realidade complexa.

Contudo, Fourez indica que se deve ter atenção para não tornar o multidisciplinar um mar de complexidades, tomando as devidas precauções na delimitação e objetivos do tema abordado. Ainda, sugere que as estratégias de ensino podem ser balizadas por projetos e por conteúdos. Para este autor, as estratégias deveriam considerar a aplicação de projetos piloto, a confecção de material didático e a formação continuada, entre outros fatores. Em ressonância, caminhamos nesta direção ao propor e discutir com um grupo de professores uma estratégia que atenda, pelo menos em parte, os anseios de uma educação mais abrangente, favorecendo a construção de senso crítico sobre Ciência e tecnologia.

2.6.3 Construindo modelos de uma realidade “invisível”

O conhecimento físico é baseado em modelos explicativos elaborados (do universo, da estrutura da matéria, modelos matemáticos, etc.). O ensino de Física, por sua vez, utiliza os modelos criados pela Ciência e os transforma em elementos no processo ensino-aprendizagem.

Isso porque a compreensão e a reflexão sobre os papéis e as funções dos modelos podem contribuir para a compreensão de que aprender Física oportuniza a apreensão de uma forma de representação e interpretação da realidade (PIETROCOLA, 2001, p. 33).

Concordamos que, de maneira geral, os modelos da Ciência são apresentados no ensino de forma reduzida e, por vezes, até contraditória. Ocorrem casos em que um “insight” genial o cientista cria um modelo ou representação de alguma coisa que nasce distante do mundo real. Em outras situações, o modelo é apresentado como síntese e descritor da realidade. Em ambos os casos, a matematização é o foco principal do modelo, ou seja, é traduzida pela linguagem matemática a possibilidade de quantificar as grandezas físicas envolvidas (PIETROCOLA, 2001, p. 34). Mas existem outros tipos de modelos, que também são utilizados nos contextos escolares, complementando ou sendo complementados

pelos modelos matemáticos. Kneller (1980, apud PIETROCOLA, 2001, p. 37) cita três – modelo representacional (maquete); modelo imaginário (identificação com o real) e modelo teórico (explicitam um objeto ou sistema).

Para Bunge, proponente da tese materialista da Filosofia do conceitual, ou conceptologia, é necessário e suficiente que um objeto seja pensável por algum ser racional de carne e osso para existir conceitualmente⁴⁵. Conceber um objeto conceitual e atribuir-lhe uma existência conceitual (por decreto) são dois aspectos de um mesmo processo que se dá no cérebro de algum ser racional⁴⁶. Um caráter aplicado à situação analisada diz respeito ao tratamento modelístico incorporado às teorias físicas. Bunge pergunta se seriam os modelos meros auxiliares heurísticos que deveriam ser abandonados depois da concretização das teorias⁴⁷ ou se a polimorfia do significado da palavra modelo poderia suscitar um papel maior dentro das teorias. Nesse sentido, o autor destaca pelo menos dois pontos para considerar a condição de ingredientes de teorias e outros dois contrários a essa posição, a saber:

- Modelo enquanto representação visual: fazendo referência a experiência familiar (HUTTEN, 1956 apud BUNGE, 1980) nem toda a teoria faria referência à modelos, como por exemplo os não observáveis da teoria de campo (fótons virtuais).
- Modelo com significação mecanicista: diante da dicotomia do sentido **mecânico** (*restrito*, da forma tradicional, ou *amplo*, tal qual a interação mediada por partículas da teoria quântica de campos) as teorias podem ou não conterem modelos mecânicos. Ainda, as primeiras poderiam ser chamadas de teorias representacionais enquanto as últimas seriam fenomenológicas ou de caixa preta.
- Modelo no sentido teórico-modélico: somente aplicável a teorias físicas axiomatizadas⁴⁸, suscitando a dependência do formalismo matemático

⁴⁵ **Objetos conceituais** são, segundo Bunge, proposições e teorias independentemente de suas apresentações lingüísticas (objetos concretos, seja escritos ou falados), sobre os quais existem teses bem conhecidas: platonismo, nominalismo e empirismo.

⁴⁶ Bunge 1980:40

⁴⁷ Bunge, 1973. pág 131

⁴⁸ Bunge sugere que uma teoria pode ser exposta de três modos: historicamente, heurísticamente e axiomáticamente. Para ele, as duas primeiras calam a maior parte dos pressupostos da teoria, não manifestam todas as suas premissas básicas, deixam obscura a estrutura lógica da teoria, sendo assim inconsistentes em seu significado físico. A formulação mais cuidada, completa e profunda de uma teoria deve ser a axiomática, afirma Bunge, pois somente ela atinge o âmago da teoria. (*segue na próxima página*)

subjacente. Bunge assume que toda a teoria física axiomatizada é um modelo diante da possibilidade de encontrar um signo particular dentro da Matemática e, ao mesmo tempo, poder enxergar uma interpretação física. Cita o exemplo da massa dentro da mecânica newtoniana, a qual se atribui um número e um significado físico.

- Modelo enquanto conjunto de enunciados: diante da fragilidade das fórmulas gerais, há necessidade de fornecer um crescente número de suposições específicas e dados subsidiários, acrescidos aos axiomas genéricos da teoria, formando o que Bunge chama de modelo conceitual do sistema concreto.

Esses apontamentos sobre a natureza das teorias científicas, especialmente as da Física, revelam o que Bunge pensa a respeito da inclusão de elementos mecânicos e sua funcionalidade dentro do escopo do trabalho do cientista e as devidas implicações para a construção do saber. Para ele, a traduzibilidade gráfica é uma ocorrência psicológica afortunada, não é uma necessidade científica⁴⁹. O modelo pode ser e usualmente é constituído por itens imperceptíveis, como partículas inextensíveis e campos invisíveis. Sugere mais, a manutenção do afastamento entre modelos teóricos em relação aos seus análogos visuais. A validade da aproximação se restringe ao campo psicológico, extensível a educação.

Na Ciência factual, a analogia e a inferência analógica são bem-vindas como instrumentos de construção da teoria. Elas são também sinais de crescimento, sintomas de que a teoria ainda está em gênese e não está madura. Uma electrodinâmica clássica amadurecida não tem necessidade de tubos elásticos de força: o campo – uma substância não mecânica – é suficiente para todos os propósitos, sendo os análogos mecânicos considerados como apêndices removíveis. Do mesmo modo, uma electrodinâmica quântica amadurecida não necessitará de fótons virtuais saltando para fora e para dentro dos electrões: usará os diagramas de Feynman como dispositivos mnemônicos ligados a um método de computação em vez de os utilizar como descrições literais. (BUNGE, 1973:133 apud BUNGE, 1955).

Em outras passagens Bunge chama a atenção para o fato de que todo o modelo é parcial, já que a observação, a intuição e a razão, componentes do

Ressalta, porém, que as três são complementares e deveriam compor a uma educação científica bem torneada, explorando o formato heurístico, os extremos do caos histórico e a regularidade axiomática.

⁴⁹ Bunge, 1973:133

trabalho científico, não permitem o conhecimento do real por si próprias. Contudo, o próprio autor indica que a modelização das situações é recurso bem-sucedido na apreensão da suposta realidade (BUNGE, 1974).

Conforme Rezende Jr. (2006, p.100), quando se trata do ensino de Física devemos estar 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. Por outro lado, também é preciso estar vigilante para não recorrer aos reducionismos sem situar os alunos das limitações que cada modelo apresenta, quer sejam estes limites de ordem matemática, representativa ou teórica.

2.6.4 Aproximação entre o ensino/aprendizagem e os meios tecnológicos

De fato, a educação pressupõe a utilização de meios de comunicação social (as mídias) (SOUZA, DE BASTOS e ANGOTTI, 2001). Há menos de duas décadas experimentamos o uso da internet, fibras óticas, satélites e, breve, da TV digital, redimensionando a forma e o tempo de interação. Reside aí outra constatação: novas formas de comunicação surgem, aliadas a todas as possibilidades de utilização das mídias já “conhecidas”.

Uma boa razão para que o professor se mantenha informado, atualizado e consciente de que é fundamental incorporar os avanços tecnológicos em nossas ações educativas. Os professores de Ciências naturais - dos quais esperamos apropriação e maior envolvimento, por trabalharem mais próximo desta área - ainda evitam aproximar os meios tecnológicos-comunicativos da sala de aula. O que demonstra ser um problema para nós que defendemos a decodificação destes equipamentos na prática educativa (SOUZA, DE BASTOS e ANGOTTI, 2001).

Ao assumir uma posição de defesa em prol da utilização sistemática de tecnologias atuais de comunicação e informação, entre as quais desponta o computador com acesso à rede Web, deve-se considerar algumas fragilidades que este processo de aproximação exhibe.

Um relatório produzido pela Câmara dos Deputados - *Tecnologia da Informação e Sociedade: O Panorama Brasileiro* (NAZARENO et. al., 2006) - faz um

amplo mapeamento das iniciativas pela inclusão digital. Segundo os organizadores, mostra-se o panorama da infoinclusão no Brasil e os cenários prospectivos do País em relação à disseminação do uso social das Tecnologias da Informação e Comunicação. Neste documento encontramos dados interessantes que pode ajudar a contextualizar algumas barreiras em relação a pouca utilização de recursos informáticos na educação. O documento cita que em 2003, o “Economist Intelligence Unit” classificou 60 países de acordo com a “prontidão para a aprendizagem eletrônica”. O estudo, baseado na habilidade dos países para produzir, usar e expandir a aprendizagem pela Internet, seja por meios formais ou informais, na escola ou no trabalho, no governo ou na sociedade, coloca o Brasil na 34ª posição mundial, e em 4ª na América Latina.

Os números conduzem à reflexão acerca das causas do mau desempenho do País em relação a esse indicador. Como cita Nazareno et. al. (2006, p. 47), de fato, no que tange ao número de escolas com acesso a computador, há diversos dados negativos a considerar. Saliente-se a baixa quantidade de estabelecimentos de ensino fundamental que dispõem de recursos de TIC; segundo o Censo Escolar de 2005 do MEC/INEP, somente 38% das escolas de ensino fundamental possuíam computador, e apenas 17% contavam com laboratórios de informática. Além disso, são alarmantes as diferenças entre os sistemas público e privado: no universo das instituições particulares, o índice de estabelecimentos com computadores é de 84%, e o percentual que conta com laboratórios de informática é de 55%, conforme revela o documento.

Ainda, há grande disparidade regional no País, o que não causa estranheza. No Sudeste, em 2000, 50% das escolas de nível médio estavam conectadas à Internet, enquanto que na região Norte esse percentual se resumia a 12%. De acordo com o Censo Escolar de 2001, São Paulo possuía quase metade dos seus alunos do ensino fundamental matriculados em instituições com laboratórios de informática; em Tocantins, o percentual era de apenas 7,8%. A desigualdade se estende no comparativo de escolas com acesso à Internet em zonas urbanas e rurais – 35% e 14%, respectivamente.

Não obstante, há dados positivos que merecem ser enaltecidos. De acordo com o Censo Escolar de 2003, 58% dos estudantes de ensino médio do sistema público estavam matriculados em escolas com laboratórios de informática, enquanto que 53% freqüentavam instituições conectadas à rede mundial. Esses números revelam

expressiva evolução em relação à situação de 1999, em que os referidos percentuais eram de 46% e 14%, respectivamente. No ensino fundamental, em 1999, 26% dos alunos de 5ª à 8ª série do sistema público tinham acesso a laboratório de informática e 7% dispunham da possibilidade de conexão à Internet na própria escola. Em 2003, esses índices passaram para 38% e 37%, respectivamente (NAZARENO et. al., 2006, p. 47).

No que concerne às desigualdades regionais, o documento da Câmara Federal também registrada uma melhora no quadro da educação digital: em 1999, 24% dos alunos do ensino médio da região Nordeste freqüentavam estabelecimentos com laboratório de informática; em 2003, esse índice passou para 44%. Em relação à Internet, esse percentual saltou de 6% para 45%. Soma-se a esse quadro a enorme expansão experimentada nos últimos anos em relação ao acesso à rede, originada especialmente pelo crescente número de lares com computadores conectados e Lan Houses comerciais e comunitárias, que podem alcançar públicos mais diversos e socialmente afastados destes recursos.

Considerando os avanços verificados, o relatório da Câmara indica condições para que a promoção da alfabetização digital do brasileiro possa ser realizada com mais eficácia, sendo necessário que, desde o ensino fundamental, o cidadão possa ser familiarizado com as TIC. No entanto, os próprios professores, identificados como principais vetores da disseminação das novas tecnologias, normalmente não dispõem de capacitação suficiente para lidar com as ferramentas da informática ou não o fazem por fatores ainda obscuros. No mesmo documento se faz referência ao relatório elaborado pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura – Unesco – indicando que mais da metade dos professores de nível fundamental e médio das escolas públicas e privadas não possuem computador em seus domicílios, e 59,5% não utilizam correio eletrônico. Dentre os docentes que não dispõem de microcomputador em casa, 44,5% também não têm acesso a ele na escola. Esses dados revelam por que o computador e a Internet são tão pouco utilizados como instrumentos pedagógicos, sobretudo na rede pública, onde 51% dos alunos não utilizam essas ferramentas em aula.

Em resumo, uma série de fatores contribui para a formação de um quadro onde se percebe o distanciamento que persiste entre as novas tecnologias e a educação. Neste sentido, são necessárias ações capazes de aproximar objetivos e metodologias de ensino das tecnologias inovadoras, como é o caso do computador com acesso à rede Internet, de forma que esta aproximação gere melhores

resultados de aprendizagem. Imaginamos que a partir do momento que sejam oferecidas mais opções didáticas pautadas em novos recursos, em especial os recursos computacionais, estaremos contribuindo para a diminuição do abismo que ainda separa o professor do computador. Parte do problema estaria sanada com o aumento da disponibilidade de materiais on-line e em mídias fixas (CD-ROM, DVD, fitas de vídeo, etc.). Não devemos desconsiderar que existe outra parte, não menos importante, que envolve os conhecimentos que o professor necessita ter para fazer bom uso dos materiais. Sem as devidas informações sobre funcionalidade e aplicação nenhum recurso alcançará seus objetivos.

Remetemos o problema para os processos de formação continuada, que poderiam cumprir a função de atualização através de processos que estimulassem o uso das tecnologias na escola, por acreditar que somente a familiarização dos professores com estes meios pode efetivar mudanças duradouras.

2.6.5 Atividades experimentais negociadas

Em se tratando de aprendizagem, deve-se considerar que professor e aluno possuem compreensões e posturas objetivamente distintas em relação aos saberes tratados na sala de aula. Nesse contexto se apresentam os elementos de um cenário: o professor com sua ideologia própria, o saber didaticamente adaptado e o aluno com uma estrutura cognitiva particular. A relação didática que nasce nesse ambiente pode ser tomada em dois aspectos. O primeiro, mais restrito, se caracteriza pela intenção de ensinar algo a alguém. Logo, o segundo se enquadra num universo mais amplo, envolvendo a escola e seu projeto de ensino. A conexão que há entre professor, aluno e saber aponta para a indissolubilidade desse triângulo formado pelos elementos do contexto didático.

Por sua vez, esse mesmo saber que é objeto de um processo didático apresenta alto grau de pluralidade, visto que se transforma durante o processo. Nessa direção, Jonnaert (1996) faz críticas à existência de um saber único, por entender que não existe uma relação com um saber universal, que se insere em qualquer espécie de saber fazer adquirido pelos alunos em relação a uma disciplina

escolar dada. Para esse autor, o saber-padrão, ou saber canalizado do saber escolar, transparece ainda hoje em todos nos programas escolares.

O aluno aprende adaptando-se a um meio que é gerador de contradições, dificuldades e desequilíbrios, muito semelhante ao que acontece dentro do convívio social. Nessa concepção, aprender implica aceitar uma relação didática e considerá-la provisória, esforçando-se por rejeitá-la. Cria-se, assim, uma das situações paradoxais entendida em fórum particular onde atua a teoria do *Contrato Didático*, de Brousseau (1999). Quando são ampliadas as dimensões de análise presente no Contrato Didático é possível concluir que a função básica desse instrumento é a criação de um espaço de diálogo entre os membros da relação didática, equalizando regras explícitas/implícitas e buscando maximizar a zona de troca (ilustração 3). O conceito de Contrato Didático permite compreender o dinamismo da relação didática e, inversamente, compreendendo-se o funcionamento da sala de aula se decodifica o contrato lá existente.

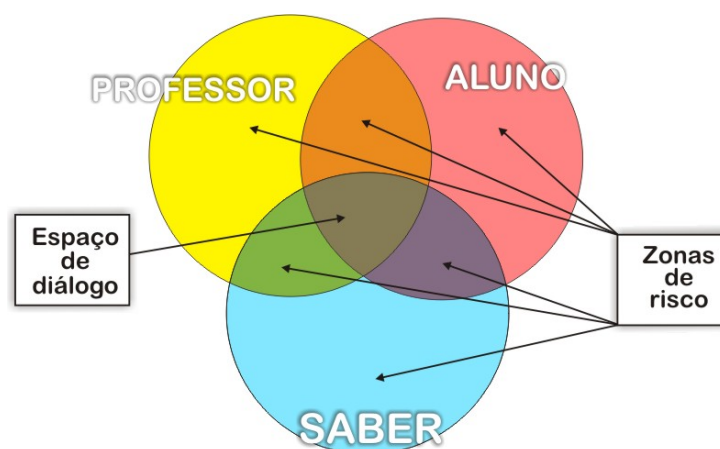


Ilustração 3 - Função do Contrato Didático

As relações envolvem, num último estágio, o estabelecimento de laços de confiança, respeito e credibilidade. O professor necessita que seus alunos confiem naquilo que está falando, sob pena de perder o controle da situação. Cabe ao mestre, então, estar seguro quanto ao papel que desempenha dentro do cenário didático, buscando a ampliação do espaço de diálogo. Tornar o contrato com seus alunos uma ferramenta dinâmica e progressiva poderá conduzir, em nossa opinião, a resultados mais interessantes do que aqueles produzidos onde as regras são “engessadas”. Fazer o jogo da devolução didática que espera a contra-devolução

pode, com efeito, gerar nos alunos uma sensação de poder e de auto-estima, permitindo que haja a dilatação espaço-temporal das situações providas dentro do ambiente escolar. É assim que a ferramenta de análise Contrato Didático auxilia o entendimento sobre as aberturas de espaços de diálogo e questionamento acerca dos saberes e suas validades nos diferentes contextos.

Nessa perspectiva, é possível ampliar a compreensão acerca dos processos de negociação na tríade professor-saber-aluno e como esses processos contribuem para a resignificação dos saberes, da mesma forma que se espera ser possível estender as atitudes de negociação e criticidade conduzidas no ambiente escolar até as situações cotidianas enfrentadas pelos alunos, princípio básico do exercício da autonomia pregada por Fourez dentro dos moldes da ACT.

O estabelecimento de novas regras dentro da relação didática requer tempo e investimento por parte do professor e dos alunos. Ao professor cabe a tarefa de manter constante vigilância ao retorno vindo dos alunos, seja através de ações e comportamentos que ocorrem dentro de sala de aula, seja pela análise das respostas de questionários e outras atividades que envolvam registros escritos. Os alunos, por sua vez, têm uma tendência natural em se adequar às exigências ou condições propostas pelo professor, sabendo que essa é uma das formas mais fáceis e rápidas de atingir êxito na disciplina. Entretanto, quando são adicionados elementos que possibilitem ampliar o espaço de diálogo percebe-se a redução da assimetria do triângulo professor-saber-aluno, pois ao fortalecer a negociação as regras se tornam mais transparentes e, por consequência, mais facilmente entendidas.

Assim, pensamos que a introdução sistemática de atividades experimentais se identifica como um dos elementos que permitem um diálogo maior entre professor e aluno e desses com um saber de referência. Na proposta didática analisada neste trabalho deve ficar evidenciada essa tentativa de aproximar alunos e professor. Mesmo que a atividade se resuma a uma demonstração é possível imaginar que os alunos possam ser convidados a participar ativamente, sendo instigados ao questionamento.

2.6.6 Avaliação

Não se pode dissociar da elaboração de uma abordagem para o ensino as questões relativas ao processo de avaliação, que remetem para a observância e monitoração da aprendizagem. Por este motivo é necessário examinar processos de avaliação que contemplem mecanismos capazes de fornecer ao professor alguns indicativos de apreensão de conhecimentos. Entendemos este processo de avaliação como sendo contínuo, cumulativo, participativo e interativo, envolvendo toda a comunidade escolar, onde o qualitativo assume preponderância sobre o quantitativo. Com base nas diretrizes educacionais da SED/SC, “avalia-se para diagnosticar avanços e entraves, para intervir, agir, problematizando, interferindo e redefinindo os rumos e caminhos a serem percorridos” (SANTA CATARINA, 1998, p. 84). O processo educativo é um todo onde o ensino-aprendizagem ocorre simultaneamente, sendo a avaliação e os estudos de recuperação parte do processo acontecendo permanentemente. Cumpre-se ao mesmo tempo, assim, o rito escolar e o papel de vigilância sobre a aprendizagem.

Caminhando neste sentido, sugerimos momentos distintos que vão desde a elaboração de pequenos questionários prévios até a realização de debates e avaliações, instrumentos utilizados como forma de investigar até que ponto os alunos têm conhecimento sobre um tema, podendo contribuir para o delineamento de futuras ações em sala de aula que visem atacar possíveis obstáculos à aprendizagem. Por outro lado, dificuldades pontuais ou explicações errôneas sobre assuntos que fogem do domínio da Física Clássica podem gerar discussões proveitosas e precisam ser exploradas. A discussão em sala pode ser utilizada para destacar o contexto de atuação da Ciência, já que muitos se apropriam da linguagem adotada pelos cientistas para validar discursos em outras áreas do conhecimento. O termo “quântico” é um exemplo desta apropriação indevida, pois é costumeiramente utilizado para realçar outros termos (medicina quântica, cura quântica, terapia quântica, etc.), sendo citado quase um milhão de vezes em endereços de pesquisa na rede Internet. Não se trata de demarcar áreas específicas das Ciências, mas situar os alunos quanto à aplicação e utilização de termos gerados dentro das Ciências com fins bem definidos e que, por vezes, são descaracterizados.

Dinâmicas conhecidas, mas pouco difundidas, podem ajudar o professor a identificar como os alunos articulam o conhecimento abordado em sala. Citamos como exemplo o “jogo de papéis” – Roleplay⁵⁰ – onde os alunos são instigados ao debate assumindo posições previamente definidas e que deverão ser defendidas, exigindo assim o domínio do assunto, poder de análise e crítica. Com o auxílio do professor na busca por informações, os alunos podem ser avaliados em relação ao processo desenvolvimento previamente, o que sugere maior profundidade e detalhamento dos resultados esperados.

Outras estratégias de avaliação podem ser combinadas para formar um processo amplo o suficiente que assegure ao professor um retorno mais fiel daquilo que efetivamente foi assimilado pelos alunos. Por ser responsável direto pelo conceito atribuído ao aluno, o professor precisa ficar muito atento aos retornos (devoluções) da turma de alunos, nos moldes de Jonnaert (1996), de maneira que seja possível equalizar o processo de ensino em função dos anseios e necessidades diagnosticadas através de relatórios de atividades experimentais, jogos de perguntas, questionários, resolução de problemas, avaliações, entre outras possibilidades.

A partir dos elementos citados anteriormente (temas; alfabetização científica; modelos e modelização; meios tecnológicos; atividades experimentais negociadas e avaliação) estruturamos uma proposta didática que serviu de base para análise das necessidades atribuídas ao seu próprio processo de construção. Com isso oferecemos mais uma possibilidade de discussão sobre a abordagem de temas atuais na Física da educação básica, além do debate gerado em um grupo de professores sobre essa e outras dificuldades que enfrentamos dentro da sala de aula quando o assunto é FMC. É o que veremos a seguir, partindo da metodologia adotada e chegando à consolidação de uma nova contribuição.

⁵⁰ A técnica de *Roleplay*, traduzida como dramatização, é uma atividade altamente flexível que permite aos alunos praticar a comunicação em diferentes contextos sociais e em diferentes papéis sociais. Segundo Dangerfield (1991, p.34 apud BORK, 2005), *Roleplay* “é uma atividade contextualizada em que os alunos têm papéis a desempenhar, os quais são geralmente determinados pelo professor, porém os alunos têm a liberdade de produzir a linguagem apropriada para aquele contexto específico e de acordo com o papel que irão representar”. Para Byrne (1986, p.117 apud BORK, 2005), a técnica de *Roleplay*, assim como outras atividades relacionadas à dramatização, “envolve o elemento de *let’s pretend* e os aprendizes têm duas opções de escolha: podem representar eles mesmos em uma situação imaginária ou podem ser pessoas imaginárias em um mundo imaginário”.

CAPÍTULO III – A IMERSÃO

3 ELEMENTOS DO ESTUDO

Introdução

Neste capítulo são descritas justificativas para as escolhas feitas durante o processo de pesquisa, além de alicerçar a dinamicidade do processo e aferir-lhe a condição de legitimidade e nitidez necessárias. O quadro de possibilidades metodológicas foi montado aos poucos em função do próprio processo, influenciado diretamente pelas necessidades de compreensão de um cenário complexo. Esta descrição é detalhada nas páginas que seguem.

A preferência por ocupar um locus virtual e dele se valer para adquirir os elementos de análise se mostrou um grande desafio, tanto do ponto de vista de sistematização como da eleição de fatores relevantes. Os colaboradores deixaram suas marcas através das mensagens registradas no fórum de discussões. Sobre as falas foram utilizados referenciais metodológicos que permitisse extrair seus significados, olhando desde os passos individuais até a trilha completa, ou seja, foi necessário flutuar além da individualidade e perceber o todo interligado. Os indivíduos já não estavam mais sozinhos, interagiam entre si e com o pesquisador, a todo o momento. Isso justifica a opção pela pesquisa colaborativa, defendida aqui.

Também detalhamos o percurso até a elaboração da proposta didática analisada pelo grupo de colaboradores, um dos pontos de destaque deste trabalho. Essa opção encontra justificativas diversas, entre as quais figuram a necessidade de explicitar a construção de um dos instrumentos de análise elencados durante o processo, o que visa permitir e incentivar novos estudos e a conseqüente elaboração de propostas similares, geradas a partir de uma sistematização metodológica apropriada.

3.1 Metodologia da pesquisa

Seguindo uma tendência dentro da pesquisa em Educação, este trabalho apresenta fortes indícios que justificam sua inclusão no rol das pesquisas *qualitativas*: aproximação do pesquisador com o ambiente dos pesquisados (colaboradores), dados predominantemente descritivos, foco no processo e não no produto final apresentado pelos pesquisados, plano de trabalho aberto e flexível. Segundo ANDRÉ (1995), esse tipo de pesquisa tem origem nas ciências sociais, dentro de uma concepção idealista-subjetivista ou fenomenológica⁵¹ de conhecimento. Mesmo com diferentes possibilidades de conceituar a pesquisa qualitativa, que gera controvérsias entre vários pesquisadores, a autora prefere usar o termo como diferenciador em relação ao método de obtenção dos dados da pesquisa.

Eu reservaria os termos quantitativo e qualitativo para diferenciar técnicas de coleta ou, até melhor, para designar o tipo de dado obtido, e utilizaria denominações mais precisas para determinar o tipo de pesquisa realizada: histórica, descritiva, participante, etnográfica, fenomenológica, etc. (ANDRÉ, 1995, p. 24-25)

De um lado, por situar o estudo em grupo específico, isto é, uma unidade com limites bem definidos, pequeno número de participantes, enfatizando um conhecimento particular no qual o pesquisador investe todos os seus esforços para compreendê-lo, sem descuidar do contexto, as inter-relações e a dinâmica que o caracteriza como processo, poderia se pensar que se trata de um ESTUDO DE CASO. Porém, o papel do pesquisador vai além da observação participante, o que desqualifica esta possibilidade.

De outro lado, por representar o trabalho de grupo de professores, assegurando a compreensão e a participação de todas as partes em todas as fases do processo de pesquisa, inclusive do pesquisador (SCHENSUL, apud CLARK et al., 1996, p.195), há um processo de colaboração entre os membros, visto como

[...] professores, pesquisadores e outros profissionais trabalhando paritariamente e assumindo igual responsabilidade para identificar,

⁵¹ Fenomenologia é entendida, por essa autora, como a ênfase nos aspectos subjetivos do comportamento humano, preconizando que é preciso penetrar no universo conceitual dos sujeitos para entender como e que tipo de sentido eles dão aos acontecimentos e às interações sociais que ocorrem em sua vida diária.

inquirir e resolver os problemas e as preocupações de outros professores (TIKUNOFF et al., apud CLARK et al., 1996, p.195).

Nesses termos esta pesquisa se apresenta como COLABORATIVA, por oportunizar o debate e o crescimento profissional individual a partir das ações de um grupo.

Uma característica que permeia as várias concepções de colaboração e de pesquisa colaborativa é a potencialidade para melhorar o desenvolvimento profissional por meio de oportunidade para reflexão sobre prática, críticas partilhadas e mudanças apoiadas (MIZUKAMI et al., 2002, p. 129).

Há necessidade de manter uma constante vigilância sobre o planejamento das intervenções (que resultam em registro de dados e acesso ao conhecimento do professor) contornando alguns problemas já identificados na pesquisa do tipo colaborativa com ações como as citadas por Mizukami et al (2002, p. 147), a destacar:

- Desenvolver um diálogo crítico sobre a prática pedagógica;
- Capturar a aprendizagem do professor em seu contexto próprio;
- Capturar o conhecimento individual e o conhecimento do grupo;
- Identificar contextos onde os professores revelam o que não sabem;
- Romper as resistências para se expor;
- Compartilhar problemas e experimentar soluções.

Ao criar um ambiente favorável ao compartilhamento, que permita ao indivíduo ouvir e ser ouvido espera-se também que sejam vencidos problemas inerentes à pesquisa sobre aprendizagem de professores. Para Fenstermacher (apud MIZUKAMI et al, 2002, p.147):

Há sérios problemas epistemológicos na identificação de conhecimentos em que os professores acreditam, imaginam, intuem, sentem e refletem sobre. Não é que tais atividades mentais não possam conduzir a conhecimentos; mas muito mais, é que esses eventos mentais, uma vez inferidos ou expressos, devem ser submetidos à avaliação em relação a seu mérito epistêmico (1994, p.47). [...] O desafio para a pesquisa sobre conhecimento do professor não é simplesmente o de mostrar o que os professores pensam ou de ter opiniões sobre o que eles sabem (1994, p.51).

A pesquisa deve, sobretudo, revelar e ampliar a compreensão sobre como é construído o conhecimento de ensino e como é acionado, compreendendo como as aprendizagens dos professores informam e possibilitam práticas em sala de

aula (MIZUKAMI et al, 2002, p.148). Em síntese, essa metodologia aplicada ao problema de pesquisa se propõe a responder minimamente essas e outras questões.

3.2 Opções para interpretar os dados – a Análise de Conteúdo

Faz-se necessário, em um dado momento, optar por algum estruturante metodológico que norteie a interpretação dos dados obtidos durante a pesquisa. Uma das possibilidades vislumbradas aqui faz referência à análise de conteúdo. A opção deste trabalho por esta metodologia⁵² se justifica pela necessidade de ir além dos significados aparentes das mensagens postadas e pela aplicabilidade a tudo que é dito em entrevistas ou registrado em depoimentos escritos, além de toda uma gama de comunicação não verbal. Em suma, tudo o que é dito, visto ou escrito pode ser submetido à análise de conteúdo, ampliando assim a dimensão interpretativa daquilo que se pretende analisar.

Segundo Barros e Lehfel'd (1996:70, apud FERREIRA, 2006), a análise de conteúdo "é atualmente utilizada para estudar e analisar material qualitativo, buscando-se melhor compreensão de uma comunicação ou discurso, de aprofundar suas características gramaticais às ideológicas e outras, além de extrair os aspectos mais relevantes". Outra vantagem desta técnica de análise é que não existe um modelo pronto: constrói-se através de um vai-e-vem contínuo e tem que ser reinventada a cada momento, conforme Bardin (1979, p.31).

Na análise de conteúdo são identificados três momentos: a pré-análise, a exploração do material e o tratamento dos resultados (inferência ou interpretação). Na pré-análise, além da seleção e organização do material, formulam-se hipóteses e possíveis indicadores que auxiliam na fundamentação da interpretação final. Na escolha dos objetos de análise algumas regras devem ser respeitadas, a fim de permitir que o assunto a ser explorado tenha o maior número possível de elementos

⁵² Baseada em Bardin (1979).

pertinentes. Bardin (1979, p.76) indica que o primeiro contato com os documentos se constitui na "leitura flutuante", onde também surgem as primeiras hipóteses e objetivos do trabalho.

A segunda etapa, talvez a mais exaustiva, é o momento para a realização das decisões tomadas na pré-análise, da codificação – em que os dados brutos são transformados de forma organizada e "agregadas em unidades, as quais permitem uma descrição das características pertinentes do conteúdo", segundo Holsti (apud BARDIN, 1979, p. 104). A codificação compreende, entre outras coisas, os recortes e a escolha de categorias⁵³. Entendendo as categorias como rubricas ou classes que reúnem um grupo de elementos (unidades de registro) em razão de características comuns, Bardin aponta alguns critérios para seleção destes elementos de análise, que podem ser:

- semântico (temas);
- sintático (classes de palavras);
- léxico (juntar pelo sentido das palavras);
- expressivo (agrupar as perturbações da linguagem, da escrita, etc)

A categorização permite reunir maior número de informações à custa de uma esquematização e assim correlacionar classes de acontecimentos para ordená-los. Enfim, a categorização nos dá acesso a um mundo mais simples, mais previsível e possível de ser explicado. Para a seleção de boas categorias de análise, deve-se considerar certas qualidades, entre as quais é possível destacar a *exclusão mútua* – cada elemento só pode existir em uma categoria; a *homogeneidade* – para definir uma categoria, é preciso haver só uma dimensão na análise, pois se existem diferentes níveis de análise, eles devem ser separados em diferentes categorias; a *pertinência* – as categorias devem dizer respeito às intenções do investigador, aos objetivos da pesquisa às questões norteadoras, às características da mensagem, etc.; a *objetividade e fidelidade* – se as categorias forem bem definidas, se os

⁵³ A categoria é uma forma geral de conceito, uma forma de pensamento. As categorias são reflexos da realidade, sendo sínteses, em determinado momento, do saber. Por isso, se modificam constantemente, assim como a realidade (FERREIRA, 2006).

índices e indicadores que determinam a entrada de um elemento numa categoria forem bem claros, diminui-se a possibilidade de distorções devido à subjetividade dos analistas.

Por fim, o tratamento dos resultados se dá por inferência na análise de conteúdo. A inferência se orienta por diversos pólos de atenção, que são os pólos de atração da comunicação. Numa comunicação há sempre o emissor e o receptor, os pólos de inferência propriamente ditos, além da mensagem e o seu suporte, ou canal. O emissor é o produtor da mensagem. É um indivíduo ou um grupo de indivíduos. A mensagem que ele emite, o representa. O receptor pode ser um ou mais indivíduos. A mensagem é o ponto de partida de qualquer análise. A análise de conteúdo é um bom instrumento de indução para se investigarem as causas (variáveis inferidas) a partir dos efeitos (variáveis de inferência ou indicadores, referências no texto), segundo Bardin (1979, p.137).

Por sua vez, na interpretação, para Taylor & Bogdan (1987:163, apud FERREIRA, 2006), o investigador passa da descrição à interpretação através de conceitos e proposições. Os conceitos sensibilizam o pesquisador, dando-lhe um sentido de referência geral. Produzem imagem significativa, que "permite apreender a referência em termos de experiência própria", onde os conceitos derivam naturalmente da cultura estudada e da linguagem dos informantes, e não de definição científica.

Neste trabalho, os elementos de análise advêm de um fórum de discussões on-line, onde foram registradas as mensagens dos participantes da pesquisa, recortadas conforme necessidade de pesquisa. As categorias de análise foram escolhidas, preferencialmente, sob o aspecto semântico. As inferências e interpretações dos dados justificam as escolhas teóricas adotadas nesta proposta. Ressaltamos que a análise de conteúdo não esgota nossas opções de compreensão, se apresentando como mais uma possibilidade de apreciação dos dados e suporte metodológico para as conclusões que expomos neste documento.

3.3 Comunidades virtuais de aprendizagem – discussão em grupo

As comunidades virtuais⁵⁴ vêm ganhando a cada dia mais espaços dentro do cenário pedagógico, por se constituírem em locais úteis para aprendizagem e, especialmente, para a sociabilidade, graças à versatilidade e adaptação de uso que lhe são conferidos pela tecnologia atualmente disponível.

O conceito usado inicialmente na década de noventa por Rheingold (1997), concebe esse tipo de lócus como agregações sociais que surgem na rede mundial (Internet), a partir de interlocutores identificados ou não, com interesses comuns que vão do conhecimento científico ao conhecimento espontâneo. Os interlocutores virtuais utilizam estes espaços para trocas intelectuais, sociais, afetivas e culturais, ao mesmo tempo em que permitem aflorar seus sentimentos, estabelecendo teias de relacionamentos, mediadas pelo computador, conectado na rede.

Esses novos espaços de aprendizagem começam a ser descobertos pelos professores que vêm utilizando a mediação das tecnologias digitais e telemáticas para “seduzir” seus alunos, que fazem parte da geração net ou geração digital e vivem imersos cotidianamente nesse universo (FRAGA et al., 2005).

Um dos principais fatores que favorecem os processos de educação mediados por tecnologia é a redefinição do termo “distância”. Há tempos o limite do ambiente fixo foi rompido e o diálogo pedagógico mediatizado já acontecia. O advento das tecnologias da informação e comunicação, com destaque para aquelas relacionadas ao uso do computador, somente fez expandir ainda mais as possibilidades. Para Pontes (2007), a superação da distância física entre os atores do processo educativo tornou-se mais fácil com os transportes modernos. O mesmo autor concorda que a vitória sobre as distâncias físicas se completa com a superação da barreira do tempo. Afinal já não estamos mais apenas num determinado lugar, aqui e agora, mas podemos estar simultaneamente em muitos lugares.

Passamos a ter o dom da simultaneidade, da ubiqüidade. Desde que, com a Internet, tornou-se possível o acesso imediato à informação e à comunicação sincrônica entre computadores situados

⁵⁴ Lévy (1996) aprofunda uma discussão interessante sobre o que é o “Virtual”, uma obra que deve ser consultada por todos os educadores que pretendem ampliar sua visão de mundo.

em diferentes lugares, essa operação foi rotulada de comunicação em "tempo real", o que nos leva a admitir, ao menos por contraste, um tempo "irreal" ou "não-real". (PONTES, 2007).

Ao tratar de ambientes virtuais se fala, estritamente, em tráfego de informação em velocidades inimagináveis até poucas décadas atrás. Assim, esses ambientes se tornam ainda mais interessantes face à importância inédita que a informação assume em nosso tempo. A informação é considerada a matéria-prima da educação virtual, uma verdadeira forma de poder, acessível e praticamente ilimitada. A maximização do tempo que se combina à minimização do espaço, dentro dos ambientes virtuais, não indica, sobretudo, que tenha se superado os problemas pedagógicos inerentes ao processo de ensino/aprendizagem.

Os mesmos problemas constatados em outras etapas da educação proporcionada sem a dimensão espacial⁵⁵ se manifestam nesse novo ambiente, e o fator tempo, para aquele que estuda, continua sujeito a circunstâncias ligadas às exigências de seu trabalho, à convivência com a família, ao tempo destinado a cuidar de eventuais problemas de saúde do próprio aluno ou de familiares, à ocorrência de fatos inesperados, ao cansaço, ao desestímulo decorrente do isolamento - ninguém está conectado sempre - e muitos outros fatores. Pontes (2007) ainda alerta que a velocidade de acesso à informação terá que ser considerada como um dos fatores, como uma das vantagens, mas sem conotações absolutistas e determinantes em relação aos demais. Há de se valorizar os créditos, porém não se deve perder de vista que outros obstáculos ainda precisam ser superados.

Não é novidade que, apesar de todo o apelo sugerido, a relação entre os meios tecnológicos e aqueles que educam (e são educados!) ainda é frágil. Quando se fala aos docentes sobre *mediação* em processos educacionais, a questão da adoção de recursos tecnológicos como facilitadores do processo de negociação entre aquilo que se pretende ensinar e a efetivação da aprendizagem não gera consenso, pois ainda não se tem clara noção da influência de tais meios no resultado dos processos de ensino. Alie-se a isto a falta de recursos materiais e se dimensione o tamanho da dificuldade.

A carência de recursos tecnológicos na maioria das escolas e a conseqüente falta de oportunidade para o desenvolvimento de conhecimentos a partir de experiência própria é, reconhecidamente,

⁵⁵ Educação a distância

outra causa da desconfiança e temor às tecnologias demonstradas por boa parte dos professores (PONTES, 2007).

Especificamente no caso deste estudo, onde foram envolvidos professores de Física que atuam no ensino médio, também se observa a discussão sobre como a constituição de comunidades virtuais de aprendizagem pode apresentar contribuições para a melhoria da prática desses profissionais em sala de aula, apresentando resultados empíricos de tal discussão e sugerindo alguns caminhos.

3.3.1 Grupo de Estudo – Novos espaços para discutir e crescer

Se por um lado havia preocupação, desde a fase de elaboração do projeto, sobre a forma como seria conduzida a pesquisa, por outro existia uma certeza: era necessário fazer algo além da mera obtenção de dados, visando aumentar a contribuição da pesquisa. Ou seja, houve o sentimento de poder contribuir com aqueles que estariam interessados no processo, trazendo-os para o ambiente e fazendo com que pudessem ter algum proveito nessa situação. Parte desse desejo de inclusão dos professores culminou com a idéia da formação de um grupo de estudos ao qual se atribuiu o nome *NOVA FÍSICA – Grupo de Estudos*⁵⁶.

O processo de escolha dos membros do grupo foi iniciado no segundo semestre de 2005, através de envio de convite via correio eletrônico (e-mail) a partir de uma lista de contato do pesquisador. Das vinte mensagens enviadas apenas cinco retornaram. Após a pequena frustração inicial, foi mantido contato direto com pelo menos mais vinte pessoas, possíveis membros do grupo de estudos, lançando mão de recursos de comunicação como internet e telefone para explicar

⁵⁶ O autor deste estudo mantém na Internet, desde 2005, um portal de interação com alunos e professores. O sítio, alocado no endereço www.novafisica.net, tem pretensão de se tornar um elo para comunicação entre professores de Física, através da manutenção de fóruns de discussão permanente e outras ferramentas de comunicação síncronas e assíncronas. O nome do grupo de estudos faz conexão com o sítio, sugerindo a continuidade da interação mesmo após o fim da pesquisa, pois o espaço alocado para a pesquisa é automaticamente desativado após desligamento do mestrando do programa de Pós-Graduação no qual estava inserido.

minimamente o que se pretendia com a pesquisa e reforçando o convite para participar dessa experiência colaborativa.

Com base no retorno via e-mail e em uma rede de contatos que o autor dessa dissertação possuía, contando com outras indicações de colegas e professores, VINTE professores de Física que atuam ou atuaram em escolas públicas e privadas de Ensino Médio e Técnico aceitar o desafio. O convite foi estendido para professores de diversas regiões do país, mais precisamente doze de Santa Catarina, dois de Minas Gerais, um do Pará, dois do Rio Grande do Norte, dois de São Paulo e um do Rio Grande do Sul (ver ilustração 4). Entre aqueles que consentiram em participar da pesquisa, sete efetivamente apresentaram contribuições para o processo ocorrido dentro do fórum de discussões.

O perfil dos integrantes foi definido de forma a tornar o grupo heterogêneo, ou seja, mesclar desde recém-formados até com professores mais experientes, ampliando qualitativamente os pontos de vista em debate. Ainda com o olhar voltado para objetivos propostos, somente foram incluídos no grupo de estudo professores habilitados em Física, ao passo que se insere na discussão a formação inicial desses profissionais, reforçando nossa opção. O estabelecimento desse grupo permitiu o início da fase de discussões, que fornecem os elementos da base de análise desta dissertação.

A escolha dos participantes comportou, entre outras coisas, um pequeno grupo de professores recentemente formado pelo curso de licenciatura em Física da UFSC. Por esta condição estes colaboradores foram classificados como um grupo de controle, devido à proximidade entre a formação destes com a do pesquisador envolvido na pesquisa. Esta classificação se justifica a partir do momento que existe um compartilhamento de realidade entre as partes, pelo menos no que tange ao processo de formação inicial, da mesma forma que o pesquisador pode utilizar detalhes como estes para contrastar sua realidade com a de outros professores colaboradores.



Ilustração 4 - Convidados e seus respectivos Estados

A ampliação da pesquisa para além das fronteiras do Estado de Santa Catarina surgiu após o processo de qualificação do projeto, por sugestão da banca avaliadora. Como a estrutura de coleta de dados abriu possibilidades de superação das barreiras espaciais, a inclusão de professores de outras regiões do país foi simplificada. De outra forma, o alcance do projeto só não foi maior pelos limites de tempo e ausência de participantes de outros Estados da federação.

Antes de iniciar efetivamente o período de registro foi necessário um processo de familiarização dos colaboradores com a ferramenta de comunicação utilizada na pesquisa. Com esse propósito as primeiras intervenções dentro do ambiente foram consideradas como sendo um período de experimentação, com acessos ao Chat, fórum e outras possibilidades de troca de informação que o ambiente disponibiliza. Pode-se observar, posteriormente, que esta etapa de testes foi essencial para andamento dos trabalhos e não deve ser omitida em futuras pesquisas que envolvam ferramentas similares às utilizadas neste trabalho. O

esforço para tornar o ambiente mais amigável motivou a confecção de um pequeno manual de operações⁵⁷, enviado por e-mail para todos os colaboradores no início das atividades do grupo.

Foi a partir desta sucessão de eventos que se chegou a um grupo com interesses comuns. Este texto procura, em todos os momentos, ressaltar que houve um esforço coletivo dos envolvidos e apresenta indicativos da sua validade epistemológica, sugerindo que outras pesquisas nesses mesmos moldes podem avançar em vários aspectos, reforçando a viabilidade das ferramentas on-line e dos AVEA como recurso para a pesquisa.

3.3.2 Dilatando o tempo de interação

Neste contexto específico, a busca por um estreitamento da relação entre pesquisador e pesquisados encontra um grande obstáculo: espaço e tempo apropriados para discutir a questão central da pesquisa. Em função da sabida escassez de tempo dos profissionais envolvidos, vislumbrou-se a possibilidade de construir um espaço “virtual” para amparar as discussões e promover interação dos membros do grupo de estudos. Graças à assincronicidade que lhe atribui adequação (ajustamento) de uso, um locus virtual emerge como núcleo de armazenamento de informações. O espaço que se pensava foi viabilizado dentro do sistema de informática do LAED (Laboratório de Ensino a Distância) da UFSC, mais especificamente no AVEA - Ambiente Virtual de Ensino-Aprendizagem⁵⁸, onde se superou parcialmente algumas barreiras espaço-temporais consideradas obstáculos para o aprofundamento das questões de pesquisa. Apostamos que o espaço virtual possuía grande parte dos requisitos necessários para a ampliação das possibilidades de uso das tecnologias de comunicação, estendendo-as para fins de pesquisa. Os resultados da pesquisa sugerem que nossa aposta foi válida.

A utilização de recursos de comunicação via internet e ambientes virtuais de interação se apresenta como uma inovação em pesquisas deste tipo, ao mesmo tempo em que se presta como processo de avaliação destas ferramentas

⁵⁷ Consta dos Apêndices disponibilizados em mídia digital que acompanha esta dissertação.

⁵⁸ O acesso ao ambiente é feito pelo endereço <http://www.labcal.ufsc.br/acesso>

empregadas em usos específicos. Apreciando a função do ambiente na pesquisa também é possível sugerir indicativos de viabilidade para futuros investimentos nestes espaços, expondo a potencialidade de uma ferramenta (computacional) que demonstra resultados positivos em cursos de educação a distância. O entendimento aqui adotado sugere que a otimização do AVEA como instrumento de pesquisa se tornou relevante ao processo descrito, sendo necessário explicitar os elementos que lhe atribuem a funcionalidade defendida.

3.3.3 Moodle, a base do Ambiente Virtual de Ensino Aprendizagem

Martin Dougiamas, graduado em informática e em educação, ligado à gestão de informática do CMS Comercial WebCT na Universidade de Perth (Austrália), iniciou em meados da década de 90 o desenvolvimento de um software mais prático e eficaz para utilização em ambientes educativos e colaborativos on-line.

Em 1999, Martin licenciou um software chamado **Moodle** (Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment). A primeira versão deste software foi lançada em agosto de 2002, apoiado em uma base pedagógica de abordagem social-construcionista da educação (DOUGIAMAS, 1999). Entre as premissas do desenvolvimento deste software está o desenho modular, permitindo a evolução rápida das funcionalidades, e ainda uma filosofia Open Source⁵⁹ na distribuição e desenvolvimento. O conceito fundamental consiste em uma página, onde professores/tutores disponibilizam recursos e desenvolvem atividades com e para os alunos/colaboradores. Uma eventual metáfora para a página Moodle poderia ser a sala de aula ubíqua. A cada usuário registrado está associado um perfil e uma fotografia podendo se comunicar com qualquer outro, reforçando a componente social desta plataforma.

⁵⁹ Open Source significa que o código fonte da aplicação é de domínio público e, portanto, pode ser modificado para se ajustar aos requisitos. Significa também, normalmente, que as alterações feitas devem igualmente ser Open Source, não comercializáveis.

Segundo Legoinha, Pais e Fernandes (2006), atualmente o sistema possui milhares de usuários e developers⁶⁰, sendo traduzido para mais de 73 línguas. O Moodle tem-se revelado interessante devido à flexibilidade, valor educativo e facilidade de utilização graças à interface simples e amigável, mesmo para os usuários menos experientes.

O ambiente utilizado - AVEA-CFM (Ambiente de Virtual de Ensino Aprendizagem – Centro de Ciências Físicas e Matemáticas – baseado no Moodle) – foi customizado a partir do momento que se optou pelo formato denominado “social”, onde são privilegiadas as ferramentas de interação como fóruns e chats. Esta ação objetivou focar a discussão dos colaboradores em torno de temas centrais, tornando mais fácil o acesso aos locais de registro e deixando o ambiente mais limpo. A outra opção de utilização do ambiente é baseada em uma lista de tópicos onde podem ser inseridos os mais diversos recursos, inclusive os fóruns e chats, gerando áreas de trabalho um pouco mais complexas. Nossa opção não limitou o uso dos recursos, pelo contrário, tornou-os mais organizados em função dos objetivos da pesquisa e dos fins para os quais o ambiente fora previsto.

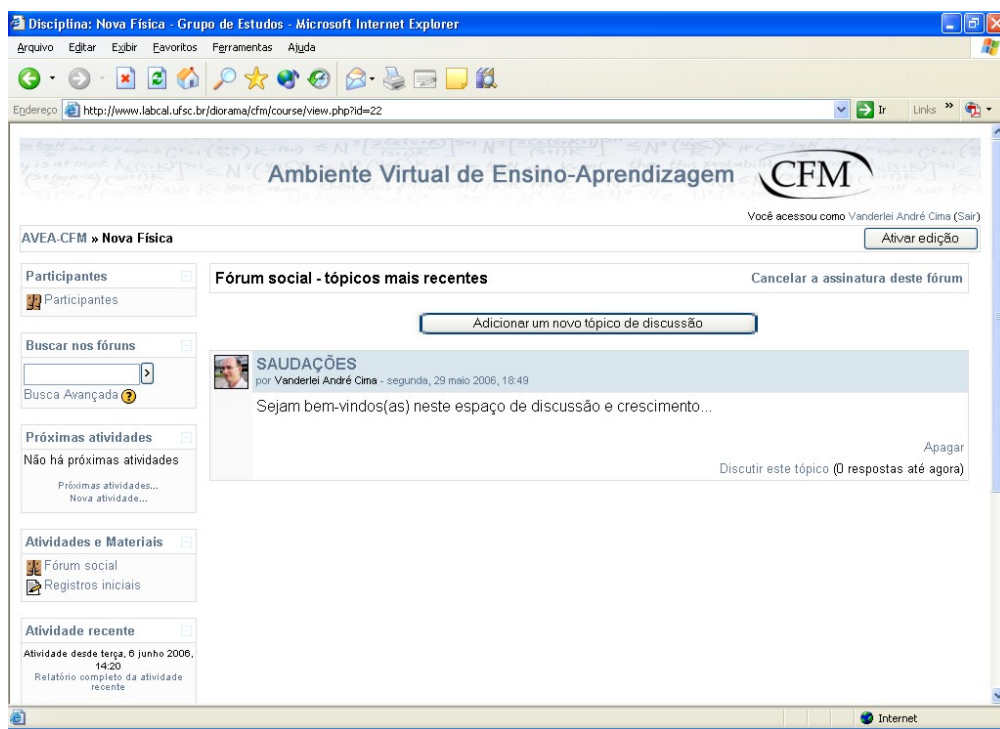


Ilustração 5 - Tela de abertura do sistema AVEA-CFM

⁶⁰ Desenvolvedores ou programadores – aqueles que customizam o ambiente, pois se trata de um sistema com código-fonte aberto, enquadrado na categoria dos Softwares Livres ou OpenSource.

Entre as principais ferramentas colaborativas do ambiente virtual se destacam:

- **Fórum** – é uma ferramenta de discussão assíncrona por natureza, mas pode ter outro tipo de uso, como por exemplo uma mailing list, um blog, um wiki⁶¹ ou mesmo um espaço de reflexão sobre um determinado conteúdo. Os fóruns do Moodle podem ser estruturados de diversas maneiras (discussão geral, uma única discussão, sem respostas, etc.). As mensagens podem incluir anexos (imagens, documentos, vídeos, áudio). É uma ferramenta assíncrona.
- **Chat** – facilita a comunicação síncrona, através de pequenas mensagens, entre os participantes. Pode ser útil como espaço de esclarecimento de dúvidas, mas pode ter outros usos. Um dos recursos interessantes é o agendamento prévio de sessões de bate-papo sobre assuntos definidos pelo grupo.
- **Pesquisas de opinião** - pode ser usado de diversas formas, como coleta de opinião ou inscrição numa determinada atividade, sendo dado aos participantes a opção de escolher opções a partir de uma lista definida pelo professor coordenador do ambiente.
- **Mensagens** – permite a comunicação assíncrona entre dois participantes do ambiente. O professor pode abrir um diálogo com um participante, o participante pode abrir um diálogo com o primeiro e podem existir diálogos entre os dois, como no e-mail.
- **Glossário** - possibilita aos participantes criar dicionários de termos relacionados com os assuntos discutidos, bases de dados documentais ou de pastas, galerias de imagens ou até mesmo links que podem ser facilmente pesquisados. Cada entrada permite comentários e avaliação.

Em uma avaliação preliminar se percebe que o Moodle, assumido como principal responsável pela mediação entre os envolvidos na pesquisa, possui os recursos necessários para a promoção da interação telemática, estando disponível

⁶¹ Ferramenta do ambiente que permite a edição coletiva de documentos usando um sistema que não necessita que o conteúdo tenha que ser revisto antes da sua publicação.

em qualquer local conectado à Internet. Ainda não é possível dimensionar com o devido aprofundamento quais são os impactos que esta mediação virtual apresenta quando o ambiente virtual se transforma em um lócus de pesquisa. No entanto, quando se trata de sua utilização em sistemas blended-learning⁶² (ensino *semi-presencial* e misto – *presencial + a distância*) o docente/tutor necessita maior proximidade com o aluno, estruturação e atualização periódica dos módulos e a avaliação individualizada dos trabalhos apresentados. Se de um lado há uma reestruturação do papel do professor diante desta mediação tecnológica há, por outro lado, profundas mudanças no papel do aluno. Ambos reconhecem melhorias na aprendizagem, notadamente na organização e ritmo do trabalho, assim como melhoria da expressão escrita e vantagens na compreensão e assimilação dos conteúdos.

Diferentemente da utilização descrita aqui, de um modo geral os AVEA cumprem papel fundamental na mediação entre alunos, professores e tutores, possibilitando a estruturação dos moldes atuais dos sistemas de Ensino a Distância (EaD). No entanto, por ser considerado um elemento inovador, não é estranho o surgimento de diversos questionamentos sobre o seu grau de influência na efetivação dos processos de aprendizagem. Parte destes questionamentos se justifica pelo fato de que muitas organizações, responsáveis por cursos a distância, se limitam a transpor para o virtual adaptações do ensino feito presencialmente, favorecendo dentro do AVEA interações virtuais automáticas e frias, ou seja, por meio de formulários, rotinas, provas, e-mail e apenas alguns momentos de interação on-line (pessoas conectadas ao mesmo tempo, em lugares diferentes) (MORAN, 2007). O debate está apenas em seu início e ainda deve gerar muitos frutos⁶³. Neste trabalho fica registrada mais uma das possibilidades de uso dos recursos alocados nos ambientes virtuais, onde o espaço é utilizado de forma inovadora para a pesquisa sem perder a capacidade de interconectar pessoas que fisicamente estão separadas.

⁶² No Brasil tratado como bimodal.

⁶³ Ver em Rezende et al. (2003) a descrição dos elementos de um ambiente virtual de aprendizagem concebido para formação continuada de professores.

3.4 Locus Virtual para a solução de um problema real – as escolhas

Superada a fase inicial da pesquisa, demarcada pela habilitação dos colaboradores e dos primeiros acessos ao fórum de discussão, o trabalho do pesquisador foi elaborar, a partir das concepções e objetivos da pesquisa, os tópicos de discussão⁶⁴ que foram apresentados e discutidos pelos colaboradores ao longo do período compreendido entre agosto/2006 e junho/2007, ou seja, dez meses de interação. Paralelamente, enquanto o grupo de professores interagiu no AVEA, foi produzido o elemento para análise na etapa final da pesquisa: uma proposta didática sobre um tema envolvendo FMC – *Nanociência e suas implicações*. A proposta foi apresentada aos colaboradores cinco meses depois de iniciadas as atividades de interação, com tempo para contribuições antes de finalizado o trabalho.

A construção da proposta iniciou antes mesmo de formado o grupo, estendendo-se concomitantemente às discussões do fórum. Num primeiro momento era vista como alternativa para futuros encaminhamentos, pois se pretendia fazer com que a proposta surgisse a partir das discussões internas do próprio grupo de professores. A idéia era propor um desafio aos membros do grupo, estimulando-os a demarcar os conhecimentos físicos envolvidos na demarcação conceitual do tema escolhido, estreitamente vinculado com tópico de C&T contemporâneas e, a partir dos conceitos físicos elencados pelos colaboradores, estabelecer uma forma de tratá-los em sala de aula, com seus alunos. Dos esforços do grupo deveriam emergir as principais dificuldades enfrentadas e os meios para contorná-las. O grupo não gerou o retorno esperado. Desta forma, o pesquisador apresentou ao grupo uma possibilidade, incorporando seu papel de professor do Ensino Médio e membro da discussão, além da tarefa de gerenciar os trabalhos colaborativos. Esta proposta foi analisada por alguns professores que depositaram contribuições e críticas, indicando possíveis dificuldades para sua implementação.

Em função do tempo para conclusão do trabalho não foi cogitada a possibilidade de avaliar a aplicação da proposta em sala de aula, ficando a análise restrita ao setor das estratégias de ensino, mais especificamente no âmbito do planejamento docente, considerando seu contexto de aplicação.

⁶⁴ Os tópicos são apresentados e discutidos no Capítulo IV.

3.4.1 Escolhendo um assunto

A escolha de um tópico abrangente onde convergem C&T contemporâneas não é uma tarefa complexa. Basta abrir exemplares de revistas de divulgação científica de circulação nacional e optar por um assunto lá estampado. São inúmeras as possibilidades. Porém, identificar os conhecimentos físicos adjacentes ao tema escolhido e transformá-los de forma que se tornem problematizadores aos seus alunos não é um trabalho simples. Exige agregar uma série de recursos, sejam eles de ordem didático-pedagógica ou do corpo de conhecimentos teóricos da Física.

Para as pretensões aqui justificadas entendemos que, entre a variedade de opções, devem-se considerar prioritárias aquelas onde transparecem temas com caráter supradisciplinar, que favoreçam a discussão e sirvam ao propósito de problematizar a relação entre a tríade Ciência, Tecnologia, Sociedade e as implicações com o ambiente. O tema deve exigir, impreterivelmente, conhecimentos construídos pela ciência moderna e contemporânea durante o último século, afinal estamos discutindo limites e possibilidades destes conhecimentos. Partindo destes pressupostos optamos pela NANOCIÊNCIA e suas implicações (Nanotecnologia) a partir de uma matéria publicada na revista de divulgação científica Ciência Hoje sob o título de Nanociência e nanotecnologia - o gigantesco e promissor mundo do muito pequeno⁶⁵ (CH nº. 217, jul. 2005). A escolha deste assunto ressoa com os objetivos da pesquisa e se justifica em muitos aspectos:

- É um assunto que abrange conhecimentos escolares de diversas áreas além da Física, extrapolando para a Química e Biologia;
- Ganha espaço na mídia, especialmente porque já apresenta avanços tecnológicos incorporados em novos produtos;
- Cresce a polêmica dentro comunidade científica sobre possíveis impactos ambientais e se acaloram as discussões éticas acerca dos limites da nova Ciência, suscitando possíveis debates na direção de uma alfabetização técnica e científica, passando por questões relativas a CTS/CTSA⁶⁶;

⁶⁵ Disponível em <http://cienciahoje.uol.com.br/controlPanel/materia/resource/download/41249>. Também disponibilizado em mídia fixa anexa deste documento.

⁶⁶ CTS – Ciência, Tecnologia e Sociedade; CTSA - Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente.

Diante do quadro que se estabelece, o tema se apresenta como uma possibilidade de discutir os limites da atuação docente frente às questões emergentes relacionados com tópicos atuais de C&T. Assim esta escolha também se mostra condizente com a crescente preocupação dos pesquisadores em Física e Ensino de Física em relação à formação de professores nesta área, retratada no lançamento da série de livros intitulada *Temas Atuais de Física*⁶⁷ durante o XVI SNEF do Rio de Janeiro, em 2005, pela SBF. Os livros têm o propósito de tornar acessíveis aos professores do ensino médio os principais tópicos da Física desenvolvida durante o século XX, em harmonia com a proposta dos PCN. Neste trabalho nos referenciamos ao livro da série que trata do tema Nanotecnologia, por questões óbvias. Reforçamos nossa escolha pelas mesmas justificativas citadas na obra da SBF:

A tecnologia tem expandido vertiginosamente as suas fronteiras [...] Estes avanços foram possíveis graças às descobertas sobre a natureza quântica da matéria e da luz no decorrer do século XX, que também abriram caminho para a Nanociência e a Nanotecnologia [...] Demonstrações, experimentos simples e alguns projetos mais avançados fazem parte de nossa abordagem da Nanotecnologia. Esperamos que eles sejam instigantes e inspirem os leitores a explorarem na prática as imensas oportunidades associadas à tecnologia atual (VALADARES, CHAVES E ALVES, 2005).

Da mesma forma, investir em estratégias de ensino envolvendo Nanociência encontra outras justificativas. Entre elas destacamos a eleição dos doze Desafios da Física no Século XXI⁶⁸ pelo CBPF – Centro Brasileiro de Pesquisas Física – que desde 2002 vem incentivando as pesquisas brasileiras nas áreas de *Biofísica, Neutrinos, Supercordas, Raios Cósmicos, Partículas Elementares, Nanociência e Nanotecnologia, Sistemas Complexos, Ano Miraculoso de Einstein, Cosmologia e Informações Quânticas*. Através da publicação de folders explicativos, com forte apelo gráfico, a entidade atinge objetivos mais amplos em favor da divulgação científica e provoca novas ações para a área de ensino em Física da forma como estimulou este trabalho.

Com este folder, damos prosseguimento às atividades de divulgação científica realizadas pelo CBPF. Esperamos que ele sirva para despertar vocações, mostrando a jovens estudantes que a carreira científica é uma profissão promissora e instigante e que muitos

⁶⁷ Atualmente com seis títulos (A Luz, Microondas, Aplicações da Física Quântica: do Transistor à Nanotecnologia, Radiação Ultravioleta: Características e Efeitos, Supercondutividade, Ondas e Bits)

⁶⁸ Mais detalhes sobre o projeto podem ser obtidos em <http://mesonpi.cat.cbpf.br/desafios/>

desafios permanecem sem solução à espera de novos cientistas dispostos a enfrentá-los (CBPF, 2007).

Como referência inicial foi adotado o artigo *O que é a Nanociência e para que serve a Nanotecnologia?*⁶⁹, publicado pela revista Física na Escola, texto disponibilizado na rede. A proposta didática foi estruturada com base neste tópico, elegendo elementos e justificando as escolhas para o grupo, recebendo contribuições no AVEA ou por e-mail, conforme análise subsequente.

3.5 Elaboração da proposta temática – Nanociência e suas implicações

A dicotomia entre o pesquisador que produz um trabalho de pesquisa e o professor amadurecido depois de um processo de formação continuada novamente disputam espaço. Neste jogo os dois personagens não criam um embate, muito pelo contrário, somam suas energias, pois ao mesmo tempo em que se constrói amparado na base de conhecimento profissional de um deles (professor), discute e analisa criticamente a construção (pesquisador). Este é o ponto de partida para o estabelecimento de estratégias didático-metodológicas condizentes com uma realidade escolar, que é compartilhada com os outros colaboradores e analisada em diferentes contextos, avaliando possibilidades e limites.

Da forma como defendemos um processo de ensino mais amplo, problematizador, dialógico, formativo e participativo, entende-se que para a abordagem de um tema abrangente, como é o caso da Nanociência, o professor precisa responder alguns questionamentos: o que pretendo com este assunto? Quais os conceitos físicos, químicos, biológicos, sociais e ambientais que precisam ser explicitados? Como permitir que meus alunos compreendam tais conceitos? Quais analogias, experimentos, demonstrações e materiais de apoio são necessários? Por onde começar? O que esperar dos alunos e como avaliar a apreensão dos conhecimentos? Estas questões precisam ser respondidas a partir do momento em que se pretende abordar um conhecimento novo em sala de aula.

⁶⁹ Revista Física na Escola, v.6, n. 1, maio/2005, p. 58-62, disponível em <http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol6/Num1/nano.pdf> e em mídia fixa anexada neste documento.

O assunto em questão (Nanociência) evoca um tratamento supradisciplinar, justificado pela necessidade de conhecimentos de diversas áreas, sejam eles da Química, da Biologia, Matemática, engenharias e, em especial, da Física. Neste sentido, é importante destacar que a necessidade dos diversos campos do saber coloca o tema em uma situação privilegiada e, ao mesmo tempo, exige que sua abordagem seja feita em estruturas de ensino onde tal existe entrelaçamento de conteúdos exista ou tenha condições de existir. Assim posto, nosso caso se inicia com o estudo no campo da Física, através do qual é possível explorar boa parte do que já foi alcançado nesse novo nicho da Ciência moderna e contemporânea, indicando também as ligações com os demais conhecimentos. Ora, uma das justificativas em abordar tal assunto é mostrar que a Física, apesar de toda a estrutura, necessita de outros conhecimentos para dar completude a determinadas explicações providas no seio da Ciência. Da mesma forma, mostra que outros campos do saber também necessitam da Física para estruturar suas conceitualizações. Com isso se espera atingir um dos principais objetivos da atividade: mostrar a complementaridade do conhecimento humano e a interligação entre suas diversas áreas.

Entre outras justificativas que foram apresentadas, voltamos para o objetivo central que é discutir uma forma de abordar a Nanociência no Ensino Médio, final da educação básica e, para muitos, infelizmente encerra a formação da escolaridade. Não seria justo privar-lhes informações valiosas às portas de uma revolução (já anunciada!) que a nova tecnologia deve proporcionar. E o desafio é: como fazer tal abordagem?

Em termos práticos, a idéia da proposta é optar (escolher?) alguns conceitos centrais para o entendimento do mundo nanométrico e a partir da interligação destes conceitos tecer uma espécie de rede ou trama conceitual, permitindo ao aluno do Ensino Médio compreender, mesmo que minimamente, quais fundamentos da Física (Moderna) dão sustentação ao assunto. Da mesma forma, existe a intenção de discutir as inúmeras aplicações tecnológicas possíveis a partir do advento da Nanociência, capaz de criar dispositivos cada vez menores e mais eficientes (eficazes?) nas tarefas que desempenham. Ao mesmo tempo em que se discutem princípios científicos, há esforços no sentido de estimular uma mudança na visão de Ciência dos alunos, inserindo elementos que direcione para uma visão mais

sistêmica⁷⁰ da Física, em especial. Não obstante, existe a preocupação de estimular o debate entre os alunos quanto aos benefícios e riscos que a nova Ciência carrega consigo, atingindo assim objetivos educacionais mais amplos, no caminho para uma educação científica e técnica mais consistente e significativa.

Diante destas asserções, o planejamento das atividades foi estruturado de forma que se consiga sistematizar alguns conhecimentos necessários ao entendimento do que trata a nanociência e as implicações em nanotecnologia. A íntegra da proposta está disponibilizada no final deste documento (Apêndices – Caderno do Professor) e em formato digital (CD de Apoio). Sugere-se uma pausa aqui para a leitura do **apêndice I** (p. 184), retomando neste mesmo ponto com a análise que se segue.



Ilustração 6 - Proposta e intervenção didática

No quadro sintético anterior são apresentados tópicos que fornecem uma visão geral da proposta. A intervenção didática⁷¹ detalhada faz parte do apêndice deste trabalho. A partir das escolhas feitas se determina o tempo didático, que depende ainda do nível de aprofundamento e envolvimento dos alunos, flutuando entre dez e vinte horas-aula. Os eixos norteadores da discussão com os alunos

⁷⁰ Uma visão complexa, que considere especialmente as inter-relações dos conceitos envolvidos.

⁷¹ Astolfi e Develay (1990, p. 109)

estão baseados em alguns conceitos considerados mais relevantes para o entendimento do tema. São eles:

- Escala e dimensão;
- Medidas (incertezas e probabilidades);
- Conservações e simetrias;
- Equilíbrio;
- Alguns princípios do comportamento da radiação eletromagnética (discreto x contínuo).

Na elaboração da proposta pensamos em proporcionar bons graus de liberdade ao professor, oscilando em torno de duas posições fixas: a introdução, que se faz através de uma abordagem envolvendo noção de escala, e o momento da avaliação, que promove um debate com os alunos no formato Roleplay (jogo dos papéis). O momento inicial foi pensado para discutir que novo mundo é esse (o da nanociência!), apresentando atividades que visam problematizar a noção de escala que os alunos já possuem ou precisam possuir e, também, mostrar que é possível chegar a conclusões utilizando medidas indiretas. A questão da medida é fundamental no processo, pois o aluno terá oportunidade de conhecer os métodos relacionados às modernas técnicas e tecnologias de medidas que envolvem equipamentos altamente sofisticados como o microscópio de tunelamento, que utiliza medidas indiretas para mapear superfícies. A realização de um debate, ao final, é considerada uma oportunidade para o professor avaliar se os conceitos físicos trabalhados foram compreendidos e se os alunos demonstram articulação entre os diversos conhecimentos envolvidos. Serve, também, para estimular e valorizar a produção, a desinibição e o senso crítico dos alunos.

Outro ponto que precisar ser destacado está relacionado com a produção da proposta de intervenção. Não há grandes novidades em termos didático-metodológicos no desenrolar da nossa construção, pelo menos para aqueles professores que possuem maior aproximação com a área de pesquisa em Ensino de Física. A maior inovação é a forma de organizar o tema, de entrelaçar conceitos e problematizá-los por meio de atividades descritas, em sua maioria, nas publicações científicas em nossa área de pesquisa. Ou seja, isto só destaca o fato que a produção científica já alcançada é importante e apresenta resultados que podem ser estendidos até a sala de aula. A estratégia de ação docente aqui apresentada vem auxiliar aqueles professores comprometidos com a renovação da prática docente na

tarefa de promover um ensino de uma Física diferenciada, utilizando a estrutura já estabelecida e ampliando-a.

A proposta foi desdobrada da seguinte forma:



Visão além do alcance

TÓPICOS CENTRAIS

- Enxergando e manipulando o nanomundo
- Técnicas: cristografia e difração de raios-x
- Microscopia ótica e eletrônica
- Limites da visão humana e dos equipamentos

Recursos:

Atividades experimentais
Vídeos, simulações e animações

Ficção ou realidade?

TÓPICOS CENTRAIS

- Vídeo: Viagem Fantástica
- Manipulação de átomos individuais
- Feynman 1959 - nasce uma nova ciência
- Possibilidades tecnológicas

Recursos:

Vídeos
Simulações e animações computacionais
Textos de divulgação científica

Avaliando resultados

- Role-play: Laboratório de Bio-nanotecnologia na Ilha? Uma audiência pública.
- Produção de textos sobre os assuntos

ESCALA e DIMENSÃO

Objetivos: A partir do advento da nanociência se sabe que a dimensão das coisas altera as propriedades físico-químicas de certos elementos, daí a importância de falar sobre ESCALA e DIMENSÃO. A idéia é, no primeiro contato, promover uma discussão sobre a dimensão das coisas, partindo do mundo macro (vivencial/experencial) para o mundo micro (modelos), utilizando comparações e contrastes com objetos conhecidos.

Estratégias: Processos de modelização gerados a partir de atividades experimentais simples, com ênfase na utilização de materiais alternativos. Análise de resultados para medidas indiretas como, por exemplo, a obtenção experimental do valor de π (3,14...) e as possíveis extrapolações para outras ordens de grandezas. Discussão sobre idealização dos modelos matemáticos adotados e erros associados às medidas. Trabalho sistemático com utilização da notação científica.

Uso de recursos audiovisuais e computacionais, se possível, para reforçar a noção de escala e dimensão. Promover a leitura e interpretação de textos de divulgação científica. Destaque: com uma atividade que utiliza uma folha de papel sulfite é possível discutir o tamanho do átomo!

TIJOLOS DA MATÉRIA

Objetivos: Identificar componentes da estrutura da matéria e a estranheza do comportamento ao nível atômico, contribuindo para ampliar a compreensão da Física enquanto Ciência humana. Discutir o nascimento da Física Quântica a partir das proposições de Planck e o comportamento ondulatório da luz (espectros atômicos). Apresentar os conceitos relacionados com estados e níveis de energia (bandas de energia). Discutir a difração da luz e/ou de elétrons em fendas ou redes de difração enquanto fenômeno explicado pela mecânica quântica.

Estratégias: Reconstruir a história do conceito de átomo, utilizando para isso um trabalho em grupo no formato de WebQuest⁷², com fontes de pesquisa em livros e revistas e/ou na rede Web. A partir do trabalho de pesquisa reforçar a explicação proposta por Bohr para os níveis de energia atômicos, explorando a construção de um espectrômetro caseiro. Discutir o espectro eletromagnético.

JARDIM DE PARTÍCULAS

Objetivos: Mostrar e discutir o processo de evolução que ocorre na explicação dada pela Física sobre os tijolos da matéria. Identificar os principais elementos do Modelo Padrão de Partículas Fundamentais, que compõe o jardim das partículas. Reforçar a idéia de interação gerada por partículas bosônicas (fótons e glúons). Mostrar a busca pelo modelo que unifica as quatro interações presentes na natureza.

Estratégias: Contrastar o modelo ondulatório (que explica o funcionamento do espectrômetro) com a explicação gerada a partir dos fótons de Einstein, o que

⁷² Maiores detalhes sobre esta metodologia estão disponíveis em <http://novafisica.net/webquest>

representa uma ótima oportunidade para discutir a dualidade onda-partícula e a natureza da luz. Experimentos com materiais acessíveis são propostos para demonstrar o efeito fotoelétrico e podem ser explorados. Se houver recursos computacionais o experimento da dupla fenda pode ser apreciado em simulação. Explorar o mapa do Modelo padrão.

VISÃO ALÉM DO ALCANCE

Objetivos: Discutir as técnicas que permitem “enxergar” o mundo atômico. Fazer os contrastes entre técnicas ópticas e eletrônicas, retomando a discussão inicial sobre medidas diretas e indiretas e os limites de resolução dos equipamentos. Mostrar como funciona um microscópio de varredura a partir de um análogo macroscópico construído com material alternativo (instruções para confecção do instrumento disponíveis nos apêndices digitais). Discutir escalas e precisão dos instrumentos.

Estratégias: Fazer breve resgate histórico sobre os microscópios, identificando os limites da microscopia óptica. Fazer ligação com as grandezas descritas no espectro eletromagnético (comprimento de onda e frequência). Explicar o funcionamento de um microscópio eletrônico, utilizando simulação computacional se possível. Fazer analogia a partir do microscópio “didático” de varredura, construído com materiais alternativos.

CARBONO: HERÓI OU VILÃO?

Objetivos: Identificar a importância do carbono para os sistemas vivos, um dos principais elementos do DNA humano e que pode ser utilizado para estimar a idade de materiais muito antigos (teste do carbono 14). Se for conveniente, o professor poderá explorar a questão do aquecimento global, onde o carbono aparece como grande vilão. Por outro lado, objetiva também avaliar as propriedades físico-químicas do elemento, utilizando a comparação entre dois materiais “feitos” de carbono que possuem características muito díspares: o grafite e o diamante. Aventa-se, com isso, a possibilidade de explorar a origem e a natureza das ligações entre

átomos, expandindo uma compreensão que a Química já aborda, porém tornando-a mais contextualizada. A abordagem através do carbono tem por objetivo apresentar um dos mais importantes avanços que a Nanotecnologia obteve: a produção de nanotubos/nanofios de carbono. Após a análise de textos de divulgação científica será possível discutir as implicações tecnológicas decorrentes desta descoberta, situando os processos de manipulação de átomos e os fenômenos de auto-organização que são observados.

Estratégias: Utilização de textos de divulgação científica e materiais audiovisuais. É indicado um estudo mais sistematizado sobre as ligações químicas e a implicação das características destas ligações na formação de materiais macroscópicos. Os nanotubos de carbono são utilizados como elemento motivador, por ser um produto tecnológico resultado da pesquisa em Nanociência e congregar características muito interessantes, como altíssima resistência mecânica e elevado grau de maleabilidade, o que o torna um produto revolucionário. Deve ser dado enfoque nos produtos gerados a partir desta descoberta e as possibilidades que ainda estão sendo desenvolvidas, por exemplo, LEDs associados com nanotubos de carbono para produção de telas flexíveis para TVs e computadores. Desta forma pensamos que pode haver maior interesse dos alunos em relação ao conteúdo tratado.

FICÇÃO OU REALIDADE

Objetivos: Avaliar limites da ficção científica e o que já se tornou realidade em função dos avanços tecnológicos experimentados nos últimos tempos. Discutir a questão após a aula sobre nanotubos, que são aplicações de algo nunca antes imaginado. Avançar para outros tópicos de aplicação da Nanociência, especialmente aqueles relacionados com os progressos obtidos na área da Medicina.

Estratégias: Apresentar o vídeo sobre os nanorobôs carregadores de fármacos, baseado no Filme Viagem Fantástica. Conduzir uma discussão sobre os impactos da tecnologia na vida contemporânea e o regime de dependência que a sociedade moderna vive em função das comodidades oferecidas pelo avanço científico.

AVALIANDO RESULTADOS

Objetivos: Avaliar como os alunos articulam os conhecimentos abordados durante as aulas sobre Nanociência e Nanotecnologia.

Estratégias: Promover um RolePlay (Jogo dos Papéis), onde a turma de alunos é distribuída em pequenos grupos que desempenham determinadas funções diante de um cenário fictício. Neste caso é proposta uma audiência pública onde é exposta a possibilidade de instalação de um laboratório de biotecnologia que utiliza nanociência em seus procedimentos. Os papéis são distribuídos entre grupos que representam, respectivamente, os interesses do laboratório, do poder público, dos ecologistas e da população, que em última instância terá poder de decisão sobre o início do processo de instalação do laboratório de pesquisas. A avaliação, em si, é feita em duas etapas: um registro escrito e a defesa oral. Como registro escrito é sugerido a entrega de um resumo da defesa oral junto com os demais produtos gerados pelo grupo (mídias), assim como pode ser cobrado e de um parecer de cada membro da população, justificando sua escolha. Os registros são recolhidos e analisados pelo professor, que atribuirá um conceito em função da capacidade de expressão apresentada pelos alunos. No encontro posterior ao Roleplay pode ser feita uma avaliação dos resultados juntos com os alunos, redesenhando atividades futuras que empreguem metodologia similar.

3.5.1 A escolha do tópico e o debate no grupo

Apesar dos esforços em tornar o tema um desafio para o grupo, não houve retorno significativo nesta empreitada, mesmo contando com apoio de alguns membros, conforme registros do fórum de discussão, destacados com nossos grifos:

Uau! Sem dúvida, um tema fascinante... Li rapidamente o texto inteiro, e alguns temas e ou idéias, são claramente importantes e necessários para o ensino médio, nas áreas de química e física! Assim sendo, é possível sim, abordar nanociências, no ensino médio: aliás, parto do princípio, que é possível ensinar quase qualquer coisa para eles, se houver, obviamente interesse... A questão de

estratégias adotáveis para isso, requereria uma segunda leitura do texto, com calma, pinçando-se os temas e as idéias chaves para desenvolvimento em sala de aula tanto teórica quanto experimentalmente... Peço, portanto, permissão para voltar ao tema, assim que meu tempo estiver mais elástico! Abraço a todos! (P9 – terça, 24 outubro 2006, 18:54)

Com relação a proposta de abordar Nanotecnologia, achei muito interessante o tema. O texto foi importante pois propiciou mais algumas informações sobre as aplicações práticas. Dentro do contexto considero totalmente viável a abordagem do assunto. O mesmo ocorre para a Radioatividade e o Efeito Fotoelétrico. A grande dificuldade é encontrar materiais do assunto para o Ensino Médio. Infelizmente a maioria dos materiais que encontro é mais um resumo do que é abordado na graduação do que um material disponível para o EM. (P3 - terça, 20 fevereiro 2007, 19:36)

Considero salutar a idéia de abordar nanotecnologia. O tema é muito interessante e abre várias possibilidades, as quais nós professores buscamos em nossa prática docente. Como por exemplo, trabalhar a interdisciplinaridade, fazer uma boa conexão entre os conceitos abordados em sala e o cotidiano do aluno, dando um verdadeiro significado ao que está sendo trabalhado, além disso, fornece ao aluno uma visão do papel da física nos dias atuais e de como ela está presente, implícita ou explicitamente no seu dia-a-dia. Com certeza encontraremos algumas dificuldades para concretizar essa abordagem, principalmente, como já comentou nosso amigo P3, no que diz respeito ao material didático. Os materiais existentes são mais voltados para informação e não para formação e isso é um grande problema. Corremos o risco de continuarmos só na física clássica e volta e meia apenas passando algumas curiosidades relacionada a física moderna e contemporânea. Outro problema que acho relevante é o fato de vários professores de física não terem nenhum contato com esses conteúdos durante a formação acadêmica, vários professores se formaram antes da construção desses conceitos e não possuem contato com a academia ou com materiais de divulgação, ou seja de uma formação continuada. Estou bastante empolgado com esse tema, espero aborda-lo esse ano para meus alunos, acho que isso é absolutamente possível e trará bons resultados no processo de ensino-aprendizagem. Com relação a aplicação dos outros dois temas, acho que o nível de dificuldade diminuirá, pois acredito que após perdermos o medo do novo e criarmos coragem para a mudança o que vim depois do primeiro passo com certeza vai ser mais fácil. (P4 - domingo, 25 fevereiro 2007, 22:14)

O pesquisador, cumprindo seu papel de instigador, participa do debate e apresenta seu ponto de vista:

P4... Você fez mais um apontamento importante: a questão da formação do professor... Talvez o professor até tenha visto certos conceitos durante a formação inicial, mas quando se trata de pegar

um tema como nanotecnologia (que é, seguramente, interdisciplinar) e tratar ele com seus alunos em sala de aula há uma grande dificuldade em ver a interligação dos conceitos e como formar um "corpo" para aquilo que se pretende ensinar, ou seja, dar sentido didático ao tema... [...] é preciso uma união de forças na direção da melhoria do processo de formação dos professores e do incentivo da formação continuada, pois sabemos que a formação inicial tem limites... Pesquisas como estas podem estar colaborando de forma decisiva neste processo... [...] (Moderador - segunda, 26 fevereiro 2007, 09:56)

Os acessos ao ambiente foram incentivados através de e-mails, a forma mais utilizada para comunicação direta com os colaboradores. A participação voluntária dos professores impede que sejam estabelecidos prazos para execução de tarefas ou impostas condições de participação mais efetiva, segundo nosso entendimento. Com vistas à motivação do grupo em relação ao registro das opiniões no ambiente, o pesquisador manteve o empenho divulgando os novos tópicos e se oferecendo para esclarecimentos. Neste trabalho acreditamos que esta tarefa foi cumprida, mas por si só não garante que os registros sejam efetivados, o que de fato foi observado: os colaboradores não fizeram contribuições significativas que permitissem estabelecer uma proposta. Por este motivo foi apresentada ao grupo a proposta desenvolvida pelo pesquisador.

Não estranhamos totalmente este fato, que até certo ponto significa frustração das expectativas iniciais. Ora, a situação vivenciada neste trabalho é inovadora e exige a integração das TIC. Constata-se uma resistência cultural, mesmo entre aqueles que possuem certa prática com a informática, que ainda carece de estímulos para ser superada. Por outro lado, acreditamos que a incorporação das TIC ao processo de ensino-aprendizagem deve promover a necessária inclusão dos novos recursos para os docentes, dentro e fora da sala aula.

CAPÍTULO IV – SUSTENTAÇÃO

4 DADOS, ANÁLISES, CONSIDERAÇÕES...

As pessoas não mais aprendem apenas com a informação limitada à sabedoria de alguns poucos professores ou das tradições familiares ou do convívio comunitário. Não há como esconder, dentro do espaço da sala de aula, as limitações do conteúdo de um professor por mais bem formado e preparado que seja. A sala de aula escolástica foi construída para proteger a relativa ignorância do mestre medieval. Hoje, o mestre convive com alunos que acessam pela televisão, pelo computador, pelo telefone, por livros, bases de informação abertas, tornando-se, impossível, o domínio de todas elas. (Santa Catarina – Proposta Curricular, 2005, p. 5)

Introdução

Conforme descrito no Capítulo I, esta pesquisa foi pautada em um fórum de discussão (*ver Ilustração 7*) onde os colaboradores, professores de Física do Ensino Médio, possibilitada pelo uso sistemático de um AVEA acessado pelos colaboradores através da Web. O acesso ao fórum é proporcionado por senha pessoal e por uma identificação, permitindo ao participante customizar seu perfil com seus dados pessoais. Os professores que efetivamente fizeram parte do processo de pesquisa realizam os acessos de seus computadores e registraram no AVEA suas colaborações.



Ilustração 7 - Tópicos de Discussão

Ao final do trabalho de pesquisa foi possível aferir os índices de acesso, Hits⁷³, ou seja, indicativos sobre a quantidade de acessos e itens acionados pelos colaboradores durante o período em que o ambiente se encontrava disponível. A tabela 2 mostra estes números.

Colaborador	Número de Hits
P1	0
P2	46
P3	175
P4	53
P5	0
P6	0
P7	0
P8	7
P9	30
P10	0
P11	9
P12	0

⁷³ **Hit** é uma espécie de contador estatístico de páginas da internet que acrescenta +1 cada vez que um arquivo é chamado pelo site, ou seja, quando o usuário acessa uma informação clicando em um link.

Colaborador	Número de Hits
P13	202
P14	0
P15	0
P16	25
P17	0
P18	0
P19	0
P20	53

Tabela 2 - Acessos ao AVEA

É possível constatar que 45% dos professores convidados participaram efetivamente do processo de pesquisa. Entre estes colaboradores foram registrados 600 (seiscentos) hits. Por se tratar de um fórum de discussões o número de acessos é aceitável, pois diferentemente das páginas de internet com muitas possibilidades de links, o fórum é restrito aos tópicos disponibilizados.

4.1 Fórum de discussões – fonte de elementos para análise

Para a estruturação do cenário de debate entre os professores colaboradores foram eleitas categorias de análise baseadas nas referências adotadas pela pesquisa. Colocadas sob forma de questionamentos, as categorias selecionadas buscaram trazer à tona algumas das concepções que os professores colaboradores possuem acerca de suas atividades como docentes, respeitando os contextos escolares particulares. As contribuições apresentaram desdobramentos totalmente dinâmicos, onde o moderador do grupo atuou como fomentador da discussão, ampliando os questionamentos e participando ativamente do processo, por vezes podendo até ser confundido com um professor colaborador. Não poderia ser diferente, pois o pesquisador assume uma postura que deixa clara sua vivência do problema de pesquisa. O distanciamento, naquelas ocasiões, não seria apropriado.

Dos relatos foram extraídas as “falas”⁷⁴ que permitem muitas considerações. A íntegra das discussões está disponibilizada nos Apêndices e Anexos digitais. Para organizar o processo foi respeitada a cronologia dos registros, forma aqui utilizada para apresentar a dinamicidade com a qual a discussão estava sendo conduzida. Também foram feitas algumas correções ortográficas que somente objetivam tornar o texto mais legível e não distorcem, em nenhum momento, a informação originalmente registrada. Ao final são feitos apontamentos gerais que resumem a análise das categorias individuais.

Para as categorias foram eleitos os elementos que justificam as escolhas feitas pelos professores em função de fatores relacionados por Schoenfeld (1998) –, os objetivos/metas do ensino, a base de conhecimentos e as crenças, que se interligam como um mecanismo. Assim, é possível indicar algumas das dificuldades enfrentadas pelos docentes no cotidiano escolar, em especial quando se trata de abordar temas atuais de Física. As discussões iniciaram a partir de uma provocação ou questionamento postada pelo moderador e permitem situar quatro momentos distintos:

Primeiro momento: busca pelo contexto de cada professor.

Muito tem sido discutido sobre a Física que se ensina aos alunos do Ensino Médio... Vou deixar alguns questionamentos para os colaboradores desta investigação: Que Física se ensina para os jovens? Quais os objetivos desse ensino? Por que ensinar Física? A partir destas e outras questões, trace um perfil da Física ensinada na sua escola, avaliando fatores como tempo didático (em sala de aula), recursos, expectativas dos alunos, autonomia para elaboração de planos de aula, ... Observe as considerações do moderador e de seus colegas, comentando-as se necessário... (Moderador - terça, 12 setembro 2006, 10:22)

Segundo momento: conhecendo os colaboradores.

Colaboradores... Gostaria que disponibilizassem, neste espaço, um pouco da história pessoal de cada um, especialmente o que tange à formação inicial (curso de Graduação) e atividade docente. Entre outras questões, quando você concluiu seu curso? Licenciado ou Bacharel em Física? Em qual Instituição você estudou? Onde você leciona atualmente? Também seria bem interessante registrar em que momento do seu curso de formação inicial os conteúdos relacionados à Física Moderna tomaram corpo, ou seja, na grade curricular do curso de Física que você frequentou havia alguma preocupação especial com aqueles conteúdos que avançam além do estabelecimento do Eletromagnetismo? Objetivamente, como você considera sua formação em assuntos de Física Moderna e/ou

⁷⁴ Tomamos os registros escritos dentro do ambiente como falas dos colaboradores, por representarem fielmente a opinião dos mesmos.

Contemporânea? A formação inicial consolidou uma boa base de conhecimentos? Registrem suas opiniões, com toda a liberdade...
(Moderador - sexta, 15 setembro 2006, 13:22)

Terceiro momento: o desafio de ser professor.

A estrutura de conteúdos trabalhos na Física escolar (Ensino Médio) remonta uma longa história. Se, por um lado, o que se ensina hoje não difere muito daquilo que aprendemos quando éramos estudantes ou do que se ensinava há muito tempo, por outro lado nossos alunos já não são os mesmos dessas épocas passadas... Vivemos em outra realidade... Gostaria de abrir um espaço para discutir possibilidades. Que tipo de ações você, como professor, tomou ou pensar ser possível tomar para adequar o ensino de Física à nossa época? Você tem percebido alguma mudança na atitude dos alunos que indicar novas necessidades dentro da sala de aula? Que tipo(s) de dificuldade(s) surge(m) quando se tenta promover inovações dentro de um modelo de ensino historicamente estabelecido? Mais um desafio para todos os colaboradores... Fiquem a vontade para fazer considerações... (Moderador - sábado, 30 setembro 2006, 14:57)

Quarto momento: Física moderna na sala de aula?

Olá... Retomando nossas discussões, gostaria que registrassem qual foi a primeira impressão logo após a proposição do desafio de abordar nanotecnologia com seus alunos do ensino médio. O tema é complicado ou sua abordagem seria viável, dentro do seu contexto de ensino? Se lhe fosse apresentado um tema relacionado com radioatividade ou efeito fotoelétrico, o nível de dificuldade seria ampliado ou reduzido? Por quê? Espero a colaboração de todos... Comentários liberados... (Moderador - terça, 6 fevereiro 2007, 17:11)

A pretensa divisão dos focos de atenção não impediu um trânsito de informações relevantes sobre o tópico anterior ou subsequente, ou seja, eventualmente foram postadas mensagens (Ilustração 8) em um tópico que poderiam ser inseridas em outro, sem prejuízo da análise. Isso não foi percebido como um problema, pelo contrário, os casos que remeteram para um tópico já explorado tornaram ainda mais dinâmico o processo dentro do ambiente, por vezes retomando uma discussão com outro enfoque. A dinamicidade, aliás, é a característica que mais aparece durante todo o período de interação dos colaboradores, o que valoriza ainda mais os resultados obtidos ao final.

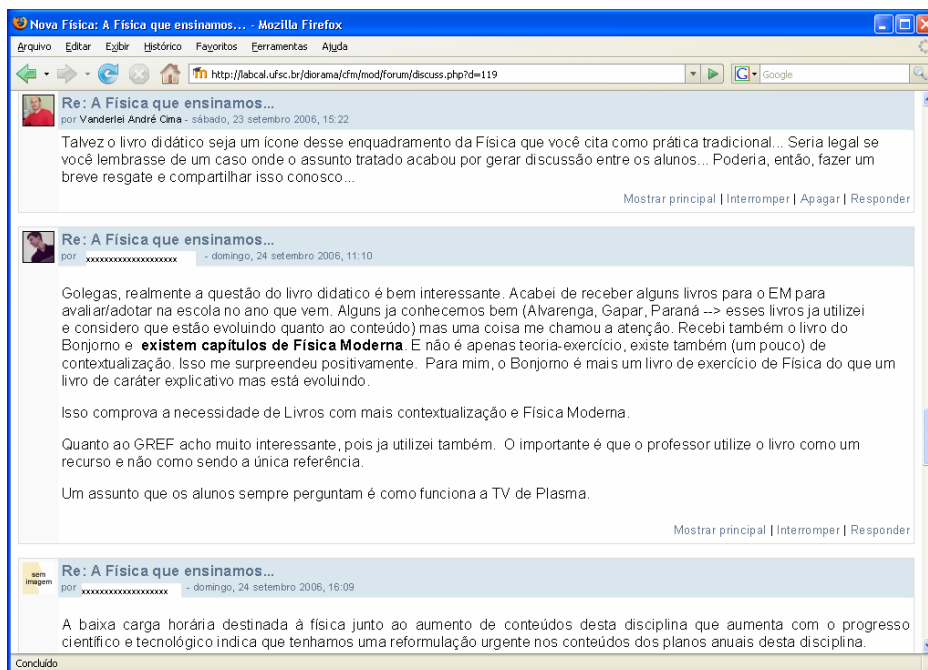


Ilustração 8 - Registros dos colaboradores

Neste ponto chegamos aos dados efetivamente registrados e que, segundo Bardin (1979), foram previamente revistos e recortados para análise, sendo categorizados. Diante desta perspectiva de interpretação permitimo-nos fazer algumas recorrências, pois um mesmo objeto foi percebido em momentos de análise diferentes, especialmente aqueles que remetem para o sentido de colaboração explicitado pelo grupo durante o processo de pesquisa. É o que a seqüência do trabalho apresenta.

4.1.1 Categoria 1 - Metas do Ensino de Física

A Física que se ensina

Entre as grandes questões da pesquisa em Ensino de Física situamos duas: Por que ensinar Física? Para quem ensinar Física? São boas perguntas, pois não há possibilidade de resposta trivial. Talvez sequer tenhamos uma resposta, ou temos várias, congruentes, divergentes, complementares, superficiais. Nesta pesquisa fizemos novamente estas questões porque percebemos nelas um poder de

remetimento aos maiores motivos de reflexão que um professor pode ter – identificar, dentro de si, por que faz o que faz. Alguns trechos das falas dos professores permitem uma avaliação sobre a visão que os colaboradores possuem acerca da função que a Física escolar deve, ou deveria, exercer dentro do atual contexto social que se vive.

Para o ensino médio, é como se alguém tivesse criado uma nova ciência: este alguém, provavelmente os cursinhos pré-vestibulares e suas apostilas: tudo muito formatado, resumido, "macetado" [...] (P9 - quinta, 14 setembro 2006, 13:39)

Tradicionalmente, a Física no Ensino Médio é apresentada como um assunto descontextualizado, sem relação com a vida do aluno. No entanto, alguns professores estão procurando modificar esta prática tradicional. Os objetivos do ensino de Física devem estar relacionados com a formação crítica (cultural e científica) do aluno perante aos problemas da sua vida. São várias as situações onde o educando pode utilizar a Física para auxiliar no seu cotidiano. A conta de luz é um exemplo. (P3 – segunda, 18 setembro 2006, 12:15)

Seria muito bom se conseguíssemos mostrar para os alunos que o conhecimento é uma forma de poder. Poder sobre as decisões que ele deve tomar em sua vida, poder para argumentar e não aceitar acriticamente tudo o que lhe é oferecido, [...] (Moderador - terça, 19 setembro 2006, 13:43)

[...] procuro fazer uma boa contextualização, procurando sempre relacionar os conceitos trabalhados com o cotidiano do aluno. [...] É preciso fazer com que o aluno sinta a necessidade de saber e conhecer a física. Ensino física para transformar meu aluno em um cidadão crítico, que saiba lidar com conceitos, argumentar, raciocinar, pensar sobre o que é discutido e entender mais desse mundo em que vivemos. (P4 - quinta, 28 setembro 2006, 17:04)

▪ A descontextualização da Física, que aparece na fala do colaborador P3, está atrelada ao ensino dito “tradicional” e surge como empecilho ao processo de aprendizagem por parte do aluno. O colaborador P9 se mostra inquieto com a situação de síntese a que se resume a Física, criticando a exclusão de determinados conteúdos e a falta de direcionamento. A necessidade de mudança deste tipo de ensino também é citada, onde o colaborador P3 dá indicativos que a busca por elementos do cotidiano dos alunos pode favorecer objetivos mais amplos, relacionados com uma formação que promova questionamentos. O professor também reconhece que há esforços no sentido de mudar uma realidade estabelecida, mesmo não fornecendo maiores detalhes sobre quem seriam os

professores que estão tentando mudar a prática. Não é explícita a concepção sobre os objetivos da Física escolar, mas há indicativos de que a relação entre conhecimento e cotidiano é necessária para a efetividade do processo de aprendizagem do aluno.

▪ Em sua consideração o moderador argumenta que o conhecimento é uma forma de poder, capaz de transformar realidades. Explorar as relações com situações vivenciadas pelos alunos e o desenvolvimento da criticidade, através do conhecimento, são apontados como fatores preponderantes no trato da Física escolar. A construção de uma visão de mundo diferente, a partir dos assuntos tratados em sala, é sugerida pelo moderador.

▪ Na fala do colaborador P2, no dia 21/09, percebe-se uma visão de ensino contraditória e a dificuldade em conciliar um discurso, pois ao mesmo tempo em que reconhece o caráter disciplinar (isolado) como limitador também afirma ser um professor que vê a Física como mais um conteúdo que os alunos devem aprender. O professor mostra sinceridade em perceber que o ensino da Física deve ir além e de que é necessário para a ampliação da visão de mundo dos alunos. Esta posição é reforçada pelo colaborador P4, alguns dias depois, consoante com os outros colaboradores e com as atuais discussões sobre Ensino de Ciências, que aparecem em artigos e nos documentos oficiais, como por exemplo os PCN. Isso indica que os colaboradores possuem alguma aproximação com alguns resultados das pesquisas, visto que o discurso se aproxima muito da forma como é apresentado em artigos e documentos norteadores da área de ensino em Física.

Objetivos versus barreiras: dificuldades do processo de ensino

Ao extrair das falas dos colaboradores o sentido empregado ao discurso alguns elementos são identificados como parametrizadores da ação docente, influenciando diretamente os objetivos da ação docente e, por conseguinte, a reformulação destes objetivos em função do contexto no qual o professor se insere.

Uma das dificuldades de gerenciamento dos objetivos de ensino esbarra em uma condição de contorno muito importante: o tempo didático⁷⁵. A discussão sobre ocupou os colaboradores, que fizeram apontamentos interessantes:

Quanto ao tempo didático, nas escolas particulares está satisfatório (três aulas por semana, mas o ideal seriam 4 aulas por semana. No público está muito ruim (2 aulas por semana) dificultando a realização de um bom trabalho. (P3 – segunda, 18 setembro 2006, 12:15)

É uma pena que duas aulas semanais representem fator impeditivo para essas aberturas, especialmente para boa parte dos professores que ainda consideram de extrema importância mostrar quanta força é necessária para acelerar um ponto material em uma trajetória retilínea livre de atrito ou, quem sabe, associar resistores em série com capacitores em paralelo!!! Ainda bem que outros tantos já não pensam assim... (Moderador - terça, 19 setembro 2006, 13:43)

Não é fácil fazer tudo isso pois, o tempo didático é bastante curto, os recursos são restritos. Eu particularmente, estou com dupla personalidade, pois trabalho 10 horas-aula semanais em duas escolas. (P2 - quinta, 21 setembro 2006, 17:38)

A baixa carga horária destinada à física junto ao aumento de conteúdos desta disciplina que aumenta com o progresso científico e tecnológico indica que tenhamos uma reformulação urgente nos conteúdos dos planos anuais desta disciplina. (P20 - domingo, 24 setembro 2006, 16:09)

▪ Na opinião dos colaboradores há consenso sobre as limitações impostas pelo tempo didático, fator que influencia diretamente os esperados resultados do processo de ensino empreendido, e diga-se, são os mesmos problemas enfrentados pelos professores de outras áreas, que na maioria das escolas possuem mesmo número de aulas semanais que os professores de Física. Os objetivos são traçados em função do tempo disponível. O colaborador P3 sugere que o número ideal seria quatro aulas de Física por semana e, notadamente, as escolas públicas brasileiras vêm reduzindo sistematicamente o número de aulas desta disciplina⁷⁶, o que implica na limitação dos objetivos. O mesmo professor também cita que duas aulas por semana, realidade da maioria das escolas públicas, impede a realização de um trabalho qualificado. Na seqüência, o moderador argumenta a respeito das escolhas

⁷⁵ Tempo de trabalho efetivo em sala de aula.

⁷⁶ Tomado como referência a carga horária sugerida pelas Secretarias de Educação dos Estados de Santa Catarina, São Paulo, Bahia, Mato Grosso do Sul, Rio Grande do Sul, onde há indicação de DUAS aulas semanais para a disciplina de Física.

feitas por assuntos descontextualizados em detrimento de outras possibilidades, posição que é reforçada pelo colaborador P20 cinco dias depois.

▪ A questão do tempo didático é dimensionada em função das escolhas que cada professor faz no momento em que elabora seus planos de ensino (bimestrais, semestrais, anuais). Desta forma, para aqueles professores que pautam seus conteúdos programáticos nas sequenciais enrijecidas que a maioria dos livros didáticos propõe é bem provável que não haja abertura para novos conteúdos, pois grande parte dos programas é tomada por conteúdos relacionados com a cinemática, a ótica geométrica e a eletrostática. A título de exemplo, não são raros os casos onde a Cinemática domina todo o primeiro ano do ensino médio, comprometendo o restante do programa e, talvez, os programas do segundo ano, influenciados pelas carências da série anterior.

▪ A reformulação dos programas de ensino assume papel central nesta discussão, pois acreditamos que as mudanças poderão ser efetivadas a partir do momento que os professores projetem, em seus planejamentos, a inserção dos tópicos relacionados com temas de C&T contemporâneas, num primeiro momento “aspergindo” novos conteúdos ao longo do ano, em todas as séries do Ensino Médio. Depois, inserindo sistematicamente novas discussões sobre tópicos de FMC, integrados aos conteúdos que tradicionalmente são abordados. Entretanto, o que está em jogo é a autonomia do professor em relação à elaboração do planejamento e, por conseguinte, a possibilidade de deixar lacunas para serem preenchidas com estes novos conteúdos. Em relação a isto, os colaboradores registraram algumas opiniões:

[...] Quanto a autonomia para elaboração dos plano de aula não tenho do que reclamar, pois tenho total autonomia na elaboração. Posso elaborar projetos. Sei, no entanto, que a situação de colegas em outros estabelecimentos não é desta maneira. (P3 – segunda, 18 setembro 2006, 12:15)

[...] No Duarte (aulas no matutino), eu trabalho com livro didático, e adivinhem qual: ele mesmo o BONJORNO. [...] Mesmo tendo que trabalhar com o BONJORNO, eu faço com que os alunos criem um pouco de senso crítico, analisando os conteúdos. Praticamente eu uso o livro, somente para indicar os exercícios do mesmo. No Darci (noturno), eu trabalho sem livro didático mas com a orientação do GREF mas nem sempre os alunos (e eu) entendem como trabalhar naquele “estilo” (tenho somente turmas de 2ºs e 3ºs anos que já vem viciadas nas práticas tradicionais de ensino: conteúdo-exercício-prova-recuperação...). (P2 - quinta, 21 setembro 2006, 17:38)

Gostaria de trabalhar todos os conceitos da física, no entanto, com duas aulas semanais isso é impossível. Então, sempre tenho a preocupação de abordar os conceitos que considero mais importantes para a vida dos alunos. [...] No colégio estadual tenho autonomia para preparar meus planos de aulas, tenho o aval da direção para fazer atividades diferenciadas, como por exemplo aplicar projetos temáticos, mas não há recurso pra isso, então quando faço tenho que me virar. (P4 - quinta, 28 setembro 2006, 17:04)

Vanderlei e colegas. Como me foi imposto o livro didático (que eu chamo de tradicional: 1) pouco conteúdo explicativo 2) Exercício de exemplo 3) Exercício para fazer 4) Exercício de revisão...) tento aproveitá-lo da melhor forma possível. (P2 - terça, 10 outubro 2006, 19:19)

▪ Uma das questões centrais da discussão aponta para a autonomia dos professores em relação à elaboração dos programas de ensino adotados na escola. Apesar dos poucos registros é possível notar que em algumas instituições, particularmente nas públicas, o professor possui maior grau de liberdade para construir seu planejamento (bimestral, anual) e, por consequência, promover mudanças curriculares. O ambiente é mais permeável. Também é perceptível que as decisões sobre o currículo adotado possuem esferas de influência maiores ou menores, dependendo do contexto. Nas escolas com maior número de alunos onde há um corpo docente mais numeroso há de se esperar que os programas adotados resultem das discussões provenientes do grupo de professores. Os compromissos também assumem dimensões diferentes daqueles estabelecimentos onde um único professor assume todas as turmas, realidade que pode ser constatada na maioria das escolas públicas brasileiras. Enquanto um grupo de professores pode acabar “engessando” o programa para atender aos pré-requisitos das diversas séries, o professor que atua isoladamente, lotado em unidade escolar (efetivo ou não), pode flexibilizar sua programação, pois tem um controle maior sobre o andamento das atividades nas três séries do Ensino Médio. Assim sendo, ações de mudança e novas proposições podem encontrar maior resistência onde grupos de professores percebem o programa da Primeira Série como requisito indispensável para os conteúdos da Segunda e assim por diante.

O livro didático

Concordamos com Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2007, p. 293) na afirmação de que a maioria dos livros didáticos disponíveis, além das deficiências apontadas em inúmeros trabalhos de pesquisa, se organiza de forma rígida, utilizando seqüências de conteúdos historicamente adotadas. Grande parte dos professores utiliza esses mesmos livros como principal (ou única!) fonte de consulta, uniformizando ritmos de estudo e favorecendo práticas de memorização, que acabam por se transformar em verdadeiras “muletas” do professor, minimizando a necessidade deste profissional em decidir sobre sua prática na sala de aula ou no preparo de seu material didático. Outros estudos reforçam esta mesma proposição, com alguns agravantes quando o assunto é FMC:

A ausência da FMC no EM, pode ficar evidenciada pela análise de alguns livros didáticos editados recentemente e que ainda não tratam desse assunto. Essa análise é reveladora haja vista que em muitos casos o livro didático é o recurso mais importante que muitos professores de Física dispõem. (LEAL e MASSUNAGA, 2005)

Ostermann e Ricci (2002), ao fazer um levantamento sobre a forma como os livros didáticos têm apresentado assuntos relacionados com Relatividade Restrita (contração de Lorentz-FitzGerald e a aparência visual de objetos relativísticos) chegam a constatação de que

[...] a Relatividade Restrita simplesmente não é abordada na maioria das obras. Quando o tema é tratado, muitas vezes a abordagem utilizada deixa a desejar, pela superficialidade com que este é introduzido. Uma vez que esses textos não promovem a necessária ruptura com o senso comum que o entendimento da Relatividade Restrita exige, acabam por comprometer a correta aprendizagem dos conceitos envolvidos. (p. 189)

Rosa & Rosa (2005) apontam que as pesquisas têm indicado consenso no sentido de que a forma como a Física vem se apresentada nos livros-textos, e conseqüentemente em sala de aula, está distanciada e distorcida do seu real propósito.

Esta tendência em direcionar o ensino de Física a resolução de problemas, que normalmente estão recheados de cálculos, fortemente influenciados pelo uso do livro didático, tem sido tema de sérias críticas as editoras e, por conseqüência aos autores das

obras. A maioria dos livros que circulam nas escolas apresenta os conteúdos como conceitos estanques, dando o caráter de Ciência acabada e imutável a Física. (p. 2)

Wuo (2000, p.21) faz referência à importância que os livros didáticos representam no processo escolar, citando que poderiam ou não favorecer uma visão mais crítica da Ciência. Para o autor, a qualidade e o modo de organização de conteúdos nos livros didáticos pode ser um facilitador do trabalho do professor, desde que o mesmo entenda a complexidade na qual o conhecimento foi gerado e que, além de livros e currículos, a formação deste profissional seja considerada. O livro não é indiferente para o esforço do ensino/aprendizagem, ele participa como um significativo recurso pedagógico tanto para professores como para os alunos.

Outros estudos sobre livros didáticos no ensino de Ciências (AMARAL & MEGID NETO, 1997; GUIMARÃES, ECHEVERRIA & MORAES, 2006; FRACALANZA & MEGID NETO, 2006) poderiam ser citados, que corroboram com a necessidade de repensar a forma como este nobre recurso vem sendo explorado. Se utilizado como fonte única promove um ensino linear e sem possibilidade de mudança.

Citado nas falas dos colaboradores e um dos mais fortes exemplos de novas possibilidades para o ensino, fazemos aqui um aporte para os livros do GREF – Grupo de Reelaboração do Ensino de Física, resultado do esforço de dois grupos distintos: alguns professores de Física da rede pública de São Paulo em parceria com docentes do Instituto de Física da USP. O trabalho do grupo, que foi sintetizado em três livros para o professor e quatro livros (on-line) para os alunos, apresenta a Física com objetivos de aprendizagem mais significativos especialmente para aqueles de não dependam profissionalmente da Física, ou seja, para não-físicos. O enfoque conceitual e formal consistente é outra marca da obra. São exploradas situações do cotidiano, com forte apelo gráfico e lúdico. Há destaque para conhecimentos contemporâneos (laser, recepção de rádio e TV). Uma outra característica do modo de exposição é proporcionar uma visão de conjunto entre os vários corpos teóricos, utilizando-se diversos recursos entre os quais os problemas mais elaborados nos finais de cada volume (WUO, 2000, p.91). A quebra da linearidade tradicional dos conteúdos reforça o caráter inovador da obra.

A discussão sobre o GREF recebeu a devida importância do grupo:

*Colegas, realmente a questão do livro didático é bem interessante. Acabei de receber alguns livros para o EM para avaliar/adotar na escola no ano que vem. Alguns já conhecemos bem (Alvarenga, Gaspar, Paraná --> esses livros já utilizei e considero que estão evoluindo quanto ao conteúdo) mas uma coisa me chamou a atenção. Recebi também o livro do Bonjorno e existem capítulos de Física Moderna. E não é apenas teoria-exercício, existe também (um pouco) de contextualização. Isso me surpreendeu positivamente. Para mim, o Bonjorno é mais um livro de exercício de Física do que um livro de caráter explicativo mas está evoluindo. Isso comprova a necessidade de Livros com mais contextualização e Física Moderna. Quanto ao **GREF** acho muito interessante, pois já utilizei também. O importante é que o professor utilize o livro como um recurso e não como sendo a única referência. Um assunto que os alunos sempre perguntam é como funciona a TV de Plasma. (P3 - domingo, 24 setembro 2006, 11:10)*

Olá...Me esqueci de colocar que em relação aos livros didáticos, todos devem ser comparados para percebermos melhor a diferença entre os conceitos. "Corrente elétrica", por exemplo, em muitos livros aparece como "movimento ordenado de elétrons" então, em lâmpadas fluorescentes não há corrente elétrica? Mas isso é apenas um exemplo, são muitos os conceitos que deveríamos rever. Então, devemos é "editar" o livro que usamos com conceitos observados em outras bibliografias, como artigos e livros de física geral de ensino superior, mas sempre tendo bastante critério e discussão com colegas quando o assunto for mais polêmico. Concordo com o colega que menciona que os livros estão evoluindo, uso aqui o do prof. Alberto Gaspar que é o que selecionei como livro básico. Embora que tenha alguns assuntos que gostaria que fossem modificados, como a inclusão de ondas gravitacionais como exemplo de ondas não-mecânicas, mas possui vários conceitos que estão bem colocados. (P20 - domingo, 24 setembro 2006, 17:46)

- Vanderlei e colegas. Como me foi imposto o livro didático (que eu chamo de tradicional: 1) pouco conteúdo explicativo 2) Exercício de exemplo 3) Exercício para fazer 4) Exercício de revisão...) tento aproveitá-lo da melhor forma possível. Minha prática, muitas vezes é, junto com os alunos, questionar o livro. [...] Faço os alunos se conscientizarem de que o livro deles não é a melhor e nem a única fonte de informações de conteúdos e explicações sobre fenômenos físicos... Mas caindo na real, esse é um de nossos materiais. (P2 - terça, 10 outubro 2006, 19:19)

▪ Os apontamentos dos colaboradores fazem clara referência à aceitabilidade de novas propostas, pelo menos para este grupo de professores. A fala do colaborador P2 indica a necessidade de cuidados com a abordagem, especialmente em relação àqueles alunos que estão familiarizados com os livros mais tradicionais

(não por acaso, os mais vendidos!). A mudança de hábito exige esforço, tanto para o professor como para o aluno. Da mesma forma, a necessidade de atualização dos livros é indicada. Iniciando com a inserção de temas mais atuais. O GREF, por sua vez, ainda é uma obra atual mas que traz objetos tecnológicos na eminência de serem superados como, por exemplo, a gravação fonográfica em Long Plays (LP), desconhecidos da grande maioria dos atuais alunos já adaptados às novas mídias – CD, DVD, Blue-Ray, HD-DVD. Outro ponto comum é a necessidade de pautar as ações em sala de aula em diversos referenciais didáticos, o que mostra a necessidade de ampliar as opções. Dessa forma é possível imaginar um quadro onde o professor possa esboçar maior senso crítico, como citado pelo colaborador P2 em sua última fala, avaliando com mais cuidado os limites físicos, conceitos e aplicações destacados nas obras que o professor utiliza.

Considerações gerais

Os elementos apresentados, provenientes dos registros, reforçam a idéia de que muitos fatores influenciam a tomada de decisão por parte do professores, conforme a proposta de Schoenfeld (1998). Os pontos de ressonância, entre os colaboradores, dizem respeito à necessidade de contextualizar o conteúdo físico, ou seja, atribuir um significado ao assunto tratado a partir de situações conhecidas (vivenciadas) pelos alunos. Neste sentido, remetemos para o que Schoenfeld considera ações prioritárias. Em determinado momento, o professor conduz o processo de ensino a partir de situações que imagina serem mais significativas para os alunos, ou seja, prioriza exemplos que possam ecoar em vivências dos alunos. No que se refere à Física Moderna, é nítida a dificuldade de relacionar eventos e fenômenos com vivências, pois o mundo micro apresenta comportamentos diferentes daqueles observados no mundo macro. Uma das opções que pode ser adotada é direcionar as discussões para temas que envolvam aspectos tecnológicos que resultam dos conhecimentos físicos gerados a partir do último século.

Percebemos outro ponto de inflexão importante para o entendimento do processo de tomada de decisão em favor na inserção de tópico da Física do século

XX/XXI em outro momento: o tempo didático. Este elemento surge como um dos grandes delineadores dos objetivos de ensino propostos pelo professor e, da forma como foi citado pelos colaboradores, aparece como limitador de ações. Assumimos o tempo didático como parte importante do contexto imediato sobre o qual o professor precisa agir. A partir do momento que se percebe o número reduzido de aulas⁷⁷, as metas traçadas precisam ser redimensionadas, ainda mais quando o professor assume aulas naqueles dias da semana onde feriados, reuniões pedagógicas e outras atividades impedem o efetivo trabalho em sala de aula, reduzindo o escasso tempo de contato com os alunos. Não é difícil verificar que a programação da maioria dos professores da rede pública, onde ocorrem duas aulas semanais, leva em conta um ano letivo baseado em sessenta horas-aula, aproximadamente. Desta forma, quando se pretende argüir sobre os aspectos da sala de aula não é possível desconsiderar um fator tão importante quanto o tempo didático. As propostas que tem a pretensão de promover mudanças na prática pedagógica devem se pautar no limitador “tempo didático”, pelo menos enquanto esta realidade se apresenta desta forma. De outra forma, é necessário pensar uma melhor utilização do tempo didático disponível e como promover sua expansão, envolvendo os alunos em ações que ultrapassem os limites restritos do ambiente escolar. O uso sistemático das TIC pode suprir, pelo menos em parte, esta necessidade de tempo adicional para estudos, como já ocorre nos recursos utilizados no EaD.

4.1.2 Categoria 2 - Crenças e Concepções sobre o processo de Ensino

Não se pode negar que a prática docente é influenciada por pré-conceitos (ou idéias prévias) que os professores trazem consigo. Uma carga de crenças (*beliefs*), utilizando o termo de Schoenfeld, mescla-se no cenário didático e acaba determinando muitas das opções feitas pelo professor. E mais, apesar muitas destas crenças serem compartilhadas por diversos professores não há garantia de que os docentes atuarão da mesma forma, pelo contrário, a prática pode divergir

⁷⁷ Quando nos referimos, especialmente, à realidade da escola pública brasileira.

significativamente. Assim, essa diversidade de fatores que influenciam o ensino ficam encobertos, apesar do impacto que causam.

Freitas & Villani (2002) percebem que a maioria dos professores freqüentadores de cursos de formação continuada chegam com concepções, crenças e atitudes, tanto sobre o conteúdo do curso - conhecimentos e habilidades - quanto sobre a natureza e o propósito da aprendizagem, do ensino e dos papéis apropriados para alunos e professores. Segundo esses autores, essas idéias prévias, construídas ao longo de sua inserção no contexto escolar - enquanto aluno e fruto de sua história de vida pessoal - constituem uma das razões de resistência às mudanças. O professor fica "*dividido entre as propostas inovadoras - racionalmente aceitas, e as concepções, interiorizadas de forma espontânea a partir da vivência irrefletida. Daí, a distância entre o planejamento do curso e a ação em sala de aula, entre as idéias defendidas e a prática realizada*" (GARRIDO & CARVALHO, 1997: 4, apud FREITAS & VILLANI, 2002). A necessidade de intervenção orientadora por parte de especialistas é subsidiada, em parte, pelo fato de que os professores em exercício resistem às mudanças porque sua prática docente é permeada por teorias implícitas, valores e crenças pessoais, que muitas vezes são inadequadas ao manejo do contexto escolar. A similaridade entre as soluções encontradas por alunos de graduação e docentes em cursos de formação continuada quando solicitados a diagnosticar e aceitar alguns problemas, tanto didáticos quanto científicos, dizem respeito a sua própria forma de conceber e agir na prática pedagógica (PACCA & VILLANI, 1995).

Isso pode ser caracterizado como um tipo de resistência à mudança devido à necessidade de estabilidade, uma vez que é a imagem pessoal e profissional do professor que está em jogo. Isso pode ser confirmado pela atitude diferente que os professores assumem quando, por exemplo, lhes é pedido pensar sobre as reações dos alunos frente a um determinado experimento ou texto. Na fala imaginária de seus alunos, quase sempre estão presentes suas próprias dúvidas e concepções alternativas, que não têm coragem de expor publicamente, pelo menos no início do processo de capacitação (FREITAS & VILLANI, 2002)

Para Huberman (1973), as mudanças das concepções e ações do professor, no ensino, estão estreitamente relacionadas à maneira como ele concebe sua identidade profissional. Como os valores e atitudes encontram-se empenhados em todas as mudanças, daí resultam, por parte do indivíduo, grande ansiedade,

resistência prolongada e necessidade de um trabalho que leve em consideração o processo de "desaprender" e "reaprender".

De modo análogo, Carvalho & Gil-Peres (2000, p. 26-27) reconhecem que os professores têm idéias, atitudes e comportamentos sobre o ensino, devidos a uma longa formação “ambiental”, remetendo para o período em que foram alunos.

A influência dessa formação incidental é enorme porque responde a experiências reiteradas e se adquire de forma não-reflexiva como algo natural, óbvio, o chamado “senso-comum”, escapando assim à crítica e transformando-se em um verdadeiro obstáculo. (CARVALHO & GIL-PERES, 2000, p. 27)

Buscamos evidenciar alguns destes fatores que podem remeter para pré-conceitos com potencial para influenciar decisões, é claro, destacando aqueles que podem gerar reflexos mais imediatos na aceitabilidade de novas propostas para o ensino. A abordagem de FMC enquadra-se como uma nova proposta, ou seja, os obstáculos interpostos pelas crenças oriundas do “senso-comum” docente podem bloquear quaisquer iniciativas de renovar o ensino.

[...] 1ª) Os alunos ou pelo menos a maioria esmagadora deles, não tem interesse por física, de qualquer nível (teórica e experimental); 2ª) Os alunos ou pelo menos a maioria esmagadora deles, não tem interesse por Matemática; 3ª) Os alunos ou pelo menos a maioria esmagadora deles, não tem interesse por língua portuguesa; Sendo assim, fica bastante difícil de implementar qualquer que seja a estratégia, para veicular uma física "de ponta", para o nível deles...A minha proposta é radical e temerária: tornar Física, Química, História, Geografia, etc. (exceto Matemática e Português), disciplinas optativas no Ensino Médio. (P9 - segunda, 2 outubro 2006, 14:20)

▪ A exaltação do colaborador P9 se ampara no quadro de pouco estímulo enfrentado por professores e alunos. Entretanto, em nenhum momento justifica a necessidade do constante repensar. A baixa estima do ensino e da aprendizagem, pelo contrário, deveria promover novas ações para mudança, iniciando pelo próprio professor, ao questionar as possíveis satisfações pessoais que um trabalho aberto e criativo irá proporcionar para si e para seus alunos. Da mesma forma, um processo de reflexão mais profundo poderia gerar novos questionamentos. Um deles seria, seguramente, sobre o “fracasso” escolar dos alunos das Ciências Exatas e da Terra, que estigmatiza e pune por antecipação. Carvalho & Gil-Peres (2000, p. 28) apresentam um quadro-resumo que sustenta a crítica do pensamento espontâneo do professor, citando exemplos que sugerem desde o repensar a avaliação e a capacidade de se expressar, criando novas dimensões para entender como o

estudante organiza seus recursos cognitivos, até o habitual processo reducionista que ocorre em sala de aula quando se aliena fatores históricos e sociais dos conhecimentos trabalhados com os alunos. Da mesma forma, há de se reconsiderar a idéia de que “ensinar” é algo fácil. Basta olhar para a Didática das Ciências e para a Pedagogia.

Sou prof. do CEFET-RN há 21 anos. Sou formado em física pela UFRN 1980. Durante grande parte deste tempo ensinei uma física centrada na Matemática de acordo com os livros didáticos. (P16 - terça, 19 setembro 2006, 08:17)

[...] A física que se ensina para os jovens ainda é a física clássica, sem quase nada de física moderna. Geralmente ela é apresentada para os alunos como um mero conteúdo a se aprender (e eu me incluo nesse grupo de professores). (P2 - quinta, 21 setembro 2006, 17:38)

Sabemos que a participação dos alunos é fundamental, que ter aulas envolvendo pesquisas e práticas tornam o aprendizado mais significativo, mas o sistema continua sendo "Skinneriano". A própria sociedade quer um sistema assim, com provas, currículos completos, etc. Então, acredito que tenhamos que trabalhar tentando "enganar" o sistema. (P20 - domingo, 24 setembro 2006, 16:09)

Então, sempre tenho a preocupação de abordar os conceitos que considero mais importantes para a vida dos alunos. Dessa forma sempre procuro fazer uma boa contextualização, procurando sempre relacionar os conceitos trabalhados com o cotidiano do aluno. (P4 - quinta, 28 setembro 2006, 17:04)

Acredito que três coisas possam ser eficazes para melhorar o ensino de física: 1- Liberdade para o professor trabalhar com a vasta física, podendo ensinar conteúdos de forma mais interativa, sem data limite para terminar certos conteúdos. O importante é que os alunos participem e o professor auxilie, sem pressa e sem obrigação de ver todas as fórmulas, mas querendo aumentar a participação através da motivação, do desafio e, até, da provocação que proporciona a pesquisa para os alunos. 2- O aluno não deve ser obrigado a estar em sala de aula, o professor não tem que obrigá-lo a ficar ali, isso é um absurdo que ainda ocorre. A primeira regra para se aprender é querer e, nesse aspecto, também concordo com o colega P9. Os pais e os serviços de orientação pedagógica das escolas deveriam conversar com os alunos para alertá-los da importância da educação, em vez de entregar um vasto programa de física para que o professor "dê" aos alunos, também para que os mantenha em sala de aula e ainda para que os faça resolver todos os problemas para passar no vestibular. 3- Se desde o início do ensino fundamental os alunos trabalharem com ciência experimental, eles terão muito mais interesse do que têm ao verem aquela física mais parecida com Matemática, que às vezes já apareça desse modo desde a última série do ensino fundamental, deixando a física mais abstrata do que é. (P20 - sábado, 21 outubro 2006, 02:20)

▪ Nos trechos destacados verifica-se uma série de fatores relacionados com concepções sobre ensino/aprendizagem, boa parte delas compartilhadas pelo grupo de professores. Destaca-se a estreita relação entre Física e Matemática, que pode significar problemas para introdução de temas relacionados com FMC, pois os mesmos são atrelados a processos de cálculos probabilísticos complicados. É verdade que a Física possui a Matemática como sua principal linguagem de expressão, mas que também não se resume a ela. É uma visão que precisa ser superada, por professores e alunos. A percepção de um meio externo modelador, na fala do colaborador P20, mostra que existem outros fatores a serem considerados, implícitos, infiltrados na escola, que marcam todos os envolvidos no cenário didático de forma definitiva. E ainda, o professor elege seus conteúdos e o faz com mais ou menos autonomia. Em que se apóiam essas escolhas? Quais recursos o professor mobiliza para optar por este ou aquele conteúdo? Como os diversos fatores influenciam as escolhas no processo de elaboração do saber ensinado? São perguntas que não podem ser respondidas aqui, pois os dados não permitem o devido aprofundamento. Mas há sinais e um deles aponta para uma Física vivencial ou experiencial. Novamente nos remetemos para uma barreira a ser superada até os conceitos de FMC: o mundo quântico não é sensível aos sentidos imediatos, ele é pequeno demais, rápido demais, probabilístico, fugaz. Sua percepção se dá por via indireta, por modelos que contradizem a experiência imediata (senso comum). O micromundo representa novo paradigma e este sempre enfrenta, e ainda enfrentará, muita resistência. É necessário iniciar o processo de ruptura, a começar pelo professor. Essa é a aposta.

Considerações gerais

Conforme Schoenfeld (1998, p. 16), as crenças são um dos componentes que formam o corpo de parâmetros que auxiliam o professor em suas escolhas. Os objetivos e planos escolhidos como prioritários, em tempos e contextos particulares, são fortemente influenciados pelas crenças e pela epistemologia do professor. Muitos são os questionamentos levantados pelo autor em relação ao ensino da

Matemática e que poderiam muito bem serem transpostos para o ensino da Física, da Química e da Biologia. Qual o sentido atribuído pelo professor ao empreendimento do conhecimento matemático (ou das Ciências)? Quais operações necessitam-se conhecer? Qual a importância das fórmulas, das explicações, da resolução qualitativa? O que o professor imagina que os alunos são capazes de aprender? O que cobrar em uma avaliação? Qual a importância dessa disciplina? Uma boa classe é uma classe quieta, silenciosa? Como promover o engajamento da classe, optando por trabalhos individuais ou em pequenos grupos? Entender como o professor se posiciona diante dessas e outras questões, consciente ou inconscientemente, pode levar a compreender como se definem suas prioridades que, por sua vez, condicionam suas escolhas e sua prática.

Desta forma, se considerarmos que existe uma vantagem natural daqueles conhecimentos físicos “matematizáveis”, ocorre um desfavorecimento, também “natural” dos outros conhecimentos que exigem uma álgebra mais avançada, como é o caso da maioria dos conceitos de FMC. Na mesma direção, atrelar a Física somente ao cotidiano imediato do aluno suprime quaisquer possibilidades de avançar em outros componentes tão necessários quanto esse entendimento das coisas do dia-a-dia. Ora, há indícios de uma pré-condição: o conhecimento físico mais facilmente apreendido é aquele com o qual se possa fazer uma ligação com algo familiar e, para minimizar a possibilidade de perdas de aprendizado e a frustração do professor, opta-se por esse conhecimento.

Não podemos esquecer que a Física escolar compõe um conjunto de competências específicas que devem permitir 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 (BRASIL, 2002, p. 59). Percebe-se que são diversas as barreiras a serem superadas. A abordagem de temas envolvendo C&T contemporâneas pode tanto reverter para situações de aplicação tecnológica vivenciadas cotidianamente como permitir o tratamento conceitual e matemático (por que não?) dos conceitos mais abrangentes da Ciência dos séculos XX e XXI.

4.1.3 Categoria 3 - Base de Conhecimento do professor

A base de conhecimentos que o professor possui é construída em diversos momentos, desde antes de sua formação acadêmica até os dias atuais, através dos cursos de formação continuada ou por esforços próprios (leituras), em vários momentos da história de vida e da carreira profissional (TARDIF, 2002, p. 21). Este extenso processo de construção não se resume, assim, ao período de formação inicial vivido durante o curso universitário. É entendido aqui como um processo contínuo de aperfeiçoamento que depende da vivência de cada indivíduo.

A graduação acadêmica é o ponto alto do processo, pois é nele que o futuro professor experimenta e percebe a convergência entre de os saberes teóricos e a prática docente, sistematizados em uma grade curricular que articula os conhecimentos físicos construídos ao longo da história com as propostas didáticas necessárias para o tratamento desses mesmos conhecimentos em nível médio de ensino. O conhecimento prático do professor, responsável por uma parcela importante da base geral de conhecimentos, só é desenvolvido com o efetivo trabalho em sala de aula e se adquire com o tempo. Tardif (2002, p. 38) chama estes conhecimentos de “saberes experienciais ou práticos”, que acabam por se incorporar à experiência individual ou coletiva sob a forma de *habitus* e de habilidades, de saber-fazer e de saber-ser, brotando da vivência cotidiana e sendo por ele validados. A articulação entre os diversos conhecimentos (saberes) adquiridos ao longo da carreira forma, então, a base de conhecimentos necessária à atuação como docente.

Essas múltiplas articulações entre a prática docente e os saberes fazem dos professores um grupo social e profissional cuja existência depende, em grande parte, de sua capacidade de dominar, integrar e mobilizar tais saberes enquanto condições para a sua prática (TARDIF, 2002, p. 39).

Atrás de mais um dos objetivos da pesquisa, os colaboradores da pesquisa foram incentivados a registrarem dados sobre sua formação acadêmica, bem como a enfatizarem como e quando os conteúdos de FMC apareceram durante o curso de graduação vivenciado por eles, fazendo uma avaliação deste processo de formação. Os registros mostram certo nível de concordância entre os

pesquisados, no sentido de que os conteúdos relacionados com a Física do século XX não foram tratados da forma que esperavam, onde se percebe falta ou carência do componente didático-metodológico:

[...] Apesar de ter tido bons professores, acho que tive pouca carga horária no assunto. Após o término da graduação, com a utilização de livros e textos, a minha formação em Física Moderna melhorou. A formação inicial forneceu uma base razoavelmente boa de conhecimentos em Física Moderna. O único "defeito" do curso que eu achei foi essa parte. (P3 - segunda, 18 setembro 2006, 12:00)

Aprendi Física Moderna de verdade, a nível básico, é claro, na graduação em Física(Estrutura da matéria, física quântica, relatividade básica e alguma coisa de radiação ionizante). Isso começou pela 6ª fase do curso (de um total de 8). (P9 - segunda, 18 setembro 2006, 13:39)

Com relação à física moderna ainda: quando cursei estas disciplinas na graduação aquilo foi praticamente um curso de Matemática. Penso que a idéia era: desde que as contas façam sentido o resto não interessa. Toda a discussão filosófica e as mudanças conceituais na passagem da clássica para a moderna se perderam em algum lugar. [...] (P16 - terça, 19 setembro 2006, 08:28)

[...] Hoje em dia tem se falado muito da importância da história da ciência no ensino de Física, mas eu ainda vejo algumas dificuldades se pensarmos nas nossas escolas de nível médio - 2 aulas por semana, sem laboratório, sem professores formados etc.[...] A maioria dos professores acha mais fácil fazer uma descrição rápida dos fenômenos e cair nos exercícios-padrão. Quando fui ensinar relatividade pela primeira vez vi que isso seria difícil sem uma "revisão histórica" dos conceitos clássicos para que a relatividade pudesse fazer algum sentido para os alunos. Estou tentando agora que os alunos da licenciatura reproduzam experimentos históricos com uma abordagem didática para o nível médio. Como Faraday realizou todos aqueles experimentos sem ter fio encapado, sem multímetro... he,he,he! (P16 - quinta, 21 setembro 2006, 07:00)

▪ As considerações dos colaboradores apontam para carências na formação em relação à FMC. Este sentimento de insuficiência formativa aparece nas falas dos colaboradores P9 e P3, da mesma maneira que P16 reclama da carga matemática atribuída aos temas de FMC. Acreditamos que as queixas tenham fundamento e justificativas, pois os cursos de formação em Física tradicionalmente abordam estes conteúdos com forte apelo matemático, em detrimento da abordagem conceitual mais aprofundada. Além do mais, com raras exceções, as disciplinas relacionadas à Estrutura da Matéria e Física Quântica são compartilhadas com os cursos de Bacharelado, não assumindo nenhum compromisso com relação aos aspectos

didático-metodológicos necessários para tratamento destes assuntos no nível médio de ensino.

▪ Outro apontamento, ressaltado pelo colaborador P16, diz respeito à contextualização histórica da FMC. Raramente o enfoque histórico é considerado dentro do conteúdo programático das disciplinas relacionadas com Estrutura da Matéria. Porém, é preciso reconhecer os esforços de outras disciplinas específicas, vinculadas à evolução dos conceitos da Física e a epistemologia, que tentam diminuir esta carência.

[...] Meu curso é licenciatura - "apimentado". Ficava entre licenciatura e bacharelado (isso na essência). O contato com a física moderna e contemporânea ocorreu somente a partir da 5ª fase (são 8 fases) em Física D. Uma visão superficial da ótica moderna e relatividade - resumindo, os capítulos iniciais do Halliday 4. Na 6ª fase, temos a disciplina de Estrutura da matéria onde nos aprofundamos um pouco mais, usando o livro do Eisberg. Nessa disciplina eu aprendi muito sobre a física moderna, mas para um nível universitário, quase que impossível de transpor para o EM. E concluindo, a formação dessa "nova física" não foi muito bem assimilada. É possível fazer algumas discussões sobre o assunto mas aprofundar torna-se mais difícil. Logo, me considero razoável para discussões com o EM mas, subindo o nível, me sinto fraco. (P2 - quinta, 21 setembro 2006, 18:06)

Durante o curso tive uma noção básica de mecânica quântica, uma boa noção de relatividade e radiações, uma vez que no currículo do bacharelado havia duas cadeiras de radiações e no currículo básico em conjunto com a licenciatura havia as cadeiras de estrutura da matéria e mecânica quântica. Além dessas, tive também algumas cadeiras de laboratório, como as três de física geral, uma de estrutura da matéria e duas de radiações. (P20 - domingo, 24 setembro 2006, 15:32)

Considero muito importante as pesquisas extra-classe, as quais forma realizadas durante a formação para preparação de seminários solicitados pelos professores da área, mas tenho certeza que a maior contribuição para a construção do conhecimento que obtive nessa área da física veio das leituras que fiz e dos congressos e palestras que participei depois de formado (formação continuada). (P4 - quarta, 27 setembro 2006, 00:09)

[...] Nas disciplinas "pedagógicas" os professores deixavam bem claro a necessidade de incluir no conteúdo programático tópicos de física moderna, embora eu acredite que isso deva começar a ser tratado na disciplina de ciências da 8ª série, para que, aos poucos, os conceitos relacionados a esta área sejam, aos poucos, lapidados. Na semana passada dei uma aula sobre os tópicos da relatividade geral e restrita, e deu pra perceber que muitos alunos não entenderam muito bem o problema do "Paradoxo dos Gêmeos", que desafia o senso comum. (P11 - sábado, 28 outubro 2006, 15:52)

▪ A seqüência de registros reforça a posição assumida pelos colaboradores, no sentido que é necessário repensar a forma como se abordam os conteúdos de FMC durante a formação inicial. Aparecem, em alguns momentos, citações que remetem para obras tradicionalmente adotadas como referência de material de estudo – os livros de autores como Halliday e Eisberg – sabidamente as obras mais utilizadas por professores e alunos. O colaborador *P4* indica a importância dos cursos adicionais que fez, reforçando nossa aposta na formação contínua. Complementando, *P11* sinaliza as dificuldades que o professor encontra quando trata os assuntos de FMC em sala de aula. Cita o caso do “paradoxo dos gêmeos” e a dificuldade dos alunos em aceitar um pensamento que vai de encontro ao que ele chamou de senso comum. O fato não causa estranhamento, pois os alunos não costumam ter contato efetivo com processos que demandam tais rupturas. Acreditamos que um trabalho sistemático e constante sobre as bases da FMC pode suprimir tais dificuldades.

Do professor ao aluno – transformando o conhecimento

Durante a pesquisa os colaboradores reconhecem a existência de um processo de transformação dos saberes que permite fazer a passagem da base de conhecimentos que possuem para a linguagem adaptada do discurso em sala de aula, possibilitando aos alunos a compreensão dos conceitos físicos abordados. Esse processo, discutido aqui no âmbito da Transposição Didática, ressoa nos conteúdos físicos escolares desde as leis do movimento até o eletromagnetismo, mostrando outras facetas quando é feita referência aos temas de FMC. Algumas passagens do fórum de discussão indicam esta turbulência.

Vanderlei, para melhorar meus conhecimentos na Física Moderna, leio a Scientific American e alguns sites relacionados com o assunto. Realmente como um colega citou a Física Moderna é apresentada apenas com a parte matemática, impossibilitando muitas vezes uma transposição didática para o Ensino Médio. Tenho certeza que caso alguma disciplina no curso trabalhasse com a inserção de Física Moderna no Ensino Médio, o resultado seria mais satisfatório. (P3 - terça, 19 setembro 2006, 18:36)

Saiu um artigo interessante sobre isso... Se quiseres podes acessar em: http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol10/n3/v10_n3_a5.html.

Esse problema de transpor os conteúdos para o nível dos meninos também é um dos empecilhos para se trabalhar esse tipo de assunto... A pesquisa em Ensino de Física tem se dedicado em encontrar subsídios para essa tarefa... (Moderador - terça, 19 setembro 2006, 21:11)

Por favor vejam esse livro. Considero um ótimo material para física moderna no ensino médio. Física Moderna Experimental e aplicada autor: Carlos Chesman / Carlos André / Augusto Macêdo. Editora: Editora Livraria da Física. ISBN: 8588325187. Área: física geral. (P16 - quinta, 21 setembro 2006, 07:07)

▪ Um dos membros do grupo, o colaborador P3 cita explicitamente o termo Transposição Didática. Não causa estranheza a referência, pois este colaborador faz parte do grupo de controle no qual estão inseridos alguns professores formados na UFSC, onde o contato com as disciplinas de Instrumentação para o Ensino de Física permite maior aproximação com os termos utilizados na Didática das Ciências, diferentemente da maioria dos outros cursos de formação espalhados pelo país. Acreditamos ser um diferencial do curso da UFSC, que explora mais intensamente as relações entre Ensino de Física e Didática das Ciências⁷⁸. O livro citado pelo colaborador P16 surgiu na discussão no momento em que o debate apontava falta de alternativas para abordagem de temas de FMC. A atenção do colaborador em relação aos comentários de outros professores mostrou, também, o sentido colaborativo do grupo. Uma análise mais detalhada da obra indica pelo menos dois pontos controversos: o aspecto empírico é maximizado, centrado principalmente nos experimentos que supostamente embasaram alguns conceitos de FMC, e a formatação se aproxima muito do padrão adotado pelos livros didáticos mais tradicionais, ou seja, inicia-se com um corpo de conceitos teóricos fechados e finaliza-se com problemas conceituais e/ou algebricamente solucionáveis. Esta constatação não surpreende, pois os autores indicam que o livro tem o objetivo explícito de atender as necessidades do vestibular, parametrizando as ações nessa direção. A obra, desta forma, reforça a visão positivista da Ciência. Se por um lado tem alguns méritos no tratamento conceitual aprofundado, chegando ao limiar dos modelos matemáticos mais avançados, por outro lado esses mesmos modelos podem ser entendidos como impedimentos para aqueles alunos com carências em matemática básica. A extensa lista de exercícios deveria ir além de assumir compromisso com processos de mecanização, afinal muitos dos problemas se

⁷⁸ Cujas principais origens remetem para autores da escola francesa.

resumem à aplicação de expressões matemáticas. Em uma análise geral, o livro se aproxima mais das necessidades de um curso de graduação em suas fases iniciais, podendo ser subsídio para o professor. A utilização direta com alunos, em nosso entender, fica prejudicada pelos diversos vícios apresentados.

[...] A grande dificuldade é encontrar materiais do assunto [nanotecnologia] para o Ensino Médio. Infelizmente a maioria dos materiais que encontro é mais um resumo do que é abordado na graduação do que um material disponível para o EM. (P3 - terça, 20 fevereiro 2007, 19:36)

Considero salutar a idéia de abordar nanotecnologia. [...] Com certeza encontraremos algumas dificuldades para concretizar essa abordagem, principalmente, como já comentou nosso amigo P3, no que diz respeito ao material didático. Os materiais existentes são mais voltados para informação e não para formação e isso é um grande problema. Corremos o risco de continuarmos só na física clássica e volta e meia apenas passando algumas curiosidades relacionada a física moderna e contemporânea. Outro problema que acho relevante é o fato de vários professores de física não terem nenhum contato com esses conteúdos durante a formação acadêmica, vários professores se formaram antes da construção desses conceitos e não possuem contato com a academia ou com materiais de divulgação, ou seja de uma formação continuada. (P4 - domingo, 25 fevereiro 2007, 22:14)

▪ Mais uma vez, os indicativos da falta de “materiais didáticos” se apresentam como obstáculos para a implementação de propostas a partir de temas da FMC. Em relação ao tema central do debate, a Nanociência, essas dificuldades são acentuadas em função do caráter eminentemente multi/interdisciplinar. Um sentimento de frustração com a formação inicial transparece. Percebe-se a expectativa de que algo externo possa resolver didaticamente o problema do ensino. De outra forma, material didático é vislumbrado como a “receita” para a sala de aula, através da qual o professor junta determinados elementos e os aplica, resultado no produto final – a aprendizagem. Essa visão, em nosso modo de ver, precisa ser superada com urgência, sob pena de impedir avanços mais significativos na prática docente. Ao professor deve ser dada a possibilidade de pensar criticamente sobre suas estratégias de ensino, não entendidas como mera aplicação de métodos ou técnicas, mas como ações em parceria com seus alunos, pautadas em bases teóricas e metodológicas amplamente discutidas. A pesquisa em Ensino de Física cumpre, novamente, seu papel!

Considerações gerais

O domínio de uma situação em sala de aula se dá, por parte do professor, pelo jogo de recursos intelectuais que são passíveis de mobilização naquele momento. Esses recursos formam uma categoria denominada “base de conhecimentos” (*knowledge base*) do professor, segundo Schoenfeld (1998, p. 16). Com segurança, essa categoria envolve conhecer os alunos, o contexto, o conteúdo (geral e específico), as rotinas de interação, além de outros fatores, culminando na elaboração de um plano de ação com vistas a atingir determinados objetivos de ensino. Um modelo explicativo para o processo de mobilização da base de conhecimentos pode ser alcançado a partir do entendimento sobre os tipos de recursos que o professor utiliza (o que ele sabe) e como esses recursos são ativados no contexto de atuação (como os utiliza). Para Schoenfeld, além de traçar um inventário dos conhecimentos do professor é necessário reconhecer que as pessoas costumam organizar suas experiências mentalmente na forma de esquemas (roteirizados) com características próprias.

A idéia central é que nós, seres humanos, abstraímos nossas experiências do mundo e usamos estas abstrações como meio de perceber e de interpretar coisas enquanto interagimos com elas. Características mais aparentes de uma situação ou objeto remetem para uma identificação com objeto ou situação X, já conhecida. Agindo assim esperamos daquilo um comportamento também já conhecido: procuramos outras características típicas dos X's, predizemos suas propriedades de acordo com comportamentos típicos dos X, e assim por diante (SCHOENFELD, 1998, p. 26 – Tradução nossa).

Como a base de conhecimentos em Física Moderna é suprimida em termos didático-metodológicos, apesar de ser conceitual e matematicamente estruturada nos cursos de graduação, o professor deixa transparecer suas dificuldades em um ponto crucial: a gerência dos conhecimentos que possui frente às necessidades eminentes do processo de transformação desses saberes particulares em saberes escolares para os alunos. Um conflito interno se estabelece, pois traçar planos ou estratégias de abordagem para FMC coloca em xeque a capacidade de mobilizar conhecimentos que o professor não domina plenamente ou,

até mesmo, que ainda não possui. Há mais, a linearidade minimamente bem assentada dos conteúdos da Física Clássica é confrontada com a turbulência de um processo complicado de readaptação que os temas relacionados com FMC ainda necessitam superar. O grande desafio docente é dimensionado neste contexto, posto diante da necessidade de gerenciar uma demanda de conteúdos, métodos e ações que exigem empenho pessoal e novos recursos, sejam eles de ordem didático-metodológica ou conceitual.

De acordo com o modelo proposto por Schoenfeld é possível sinalizar que parte das dificuldades encontradas pelos docentes no ato de ajustar os conhecimentos da Física Moderna para seus alunos reside tanto nas carências do inventário de saberes (conceituais e metodológicos) quanto na identificação de análogos nos moldes estruturados da Física Clássica. Ora, epistemológica e ontologicamente a Física Moderna possui bases bem distintas da Física Clássica. Enquanto a Física do século XX representa rupturas de paradigmas⁷⁹, a outra tem suas bases assentadas principalmente na extensão de conceitos presentes no mundo vivencial, mecanicista, pelo menos até o início do século XIX. Como diz⁸⁰ o físico Heinz Pagels em seu livro “O Código Cósmico”, nos últimos dez anos os físicos aprenderam mais acerca do universo do que nos séculos anteriores, eles desvendaram um novo quadro da realidade que requer uma verdadeira reconversão da nossa imaginação. A Física Moderna rompe com idéias cotidianas, estabelece o determinismo probabilístico, que encerra em si uma longa discussão eminentemente filosófica, até metafísica. Pagels relata um dos capítulos mais interessante da história recente da Física – o nascimento da Mecânica Quântica – dando os devidos créditos a uma jovem geração que se empenhou em construir uma Matemática consistente com as experiências sem quaisquer preocupações epistemológicas ou metafísicas, incluindo aí Heisenberg, Dirac, de Broglie e Schrödinger. O fim do determinismo rígido e da objetividade sem sujeitos acompanha as relações de incerteza de Heisenberg. Max Born explicita-se a idéia de que o conhecimento da Física quântica tem só um valor probabilístico. Não há caminhos pré-determinados e não há certezas absolutas, afirma Pagels. Niels Bohr, com sua “Escola de Copenhague” fornece a necessária fundamentação filosófica para a Mecânica

⁷⁹ Adotado em uma das perspectivas kuhnianas como “visão de mundo” (KUHN, 1989)

⁸⁰ Citado por Jorge Dias de Deus, físico português que analisa a obra de referência. Texto disponível em < <http://nautilus.fis.uc.pt/cec/readc/textos/outros/codigocosmico.htm>>. Acesso em 10/09/2007.

Quântica. Para Bohr, o fim do determinismo - tal como anteriormente o fim do geocentrismo ou do criacionismo - não era um defeito ou uma limitação da Mecânica Quântica. Representava um progresso na compreensão da realidade, com implicações filosóficas da maior importância.

Pagels concorda que a Física Quântica cresceu, desenvolveu-se e se estendeu para muitos domínios como a eletrônica, a Biologia molecular, a supercondutividade, da mesma forma que “Escola de Copenhague” tornou-se dominante e aceita pela esmagadora maioria dos cientistas. Maioria, não todos! Einstein continuou agarrado ao determinismo e ao realismo clássicos. Se a mecânica quântica não era capaz de chegar ao realismo objetivo e ao determinismo rígido isso dever-se-ia ao fato da teoria ser incompleta, de existirem variáveis ocultas. Até hoje se estende a discussão, apesar dos fortes apelos que o probabilismo determinístico sugere.

É diante desta nova Física que professores e alunos são colocados e há de se esperar resistência e atribulações. Da mesma forma, se espera o enfretamento, pois dele depende o surgimento de propostas que suplantem as dificuldades enunciadas, a começar pela discussão entre os pares (professores) e destes com a academia e suas publicações. Dentre as sugestões concretas nesta direção está a manutenção de comunidades de aprendizagem (virtuais ou não) reunindo professores dos diversos níveis e estudantes de graduação, futuros professores, em fóruns de discussão permanentes. Os esforços do grupo, quando compartilhados, podem refletir em ganhos para todos os envolvidos. A existência de uma política de formação contínua poderia promover a devida aproximação entre docentes em exercício e o universo acadêmico da pesquisa, reforçando de forma significativa a base de conhecimentos que os docentes possuem. O uso dos mais diversos recursos das tecnologias de informação e comunicação poderia estender esses mesmos programas para além das fronteiras físicas, que costumeiramente ficam limitadas ao entorno dos centros de formação (universidades).

4.1.4 Um novo modelo?

Depois de registrar alguns retratos de um processo complexo e dinâmico que abarca a tomada de decisões por parte dos professores de Física, onde uma racionalidade torna-se mais explícita, podemos tentar reconstruir o modelo proposto por Schoenfeld. A proposta é descobrir fatores que contribuem para a formação um cinturão⁸¹ de resistência e que, potencialmente, são apresentados como barreiras a serem superadas em direção ao tratamento de tópicos de C&T contemporâneas para o Ensino Médio.

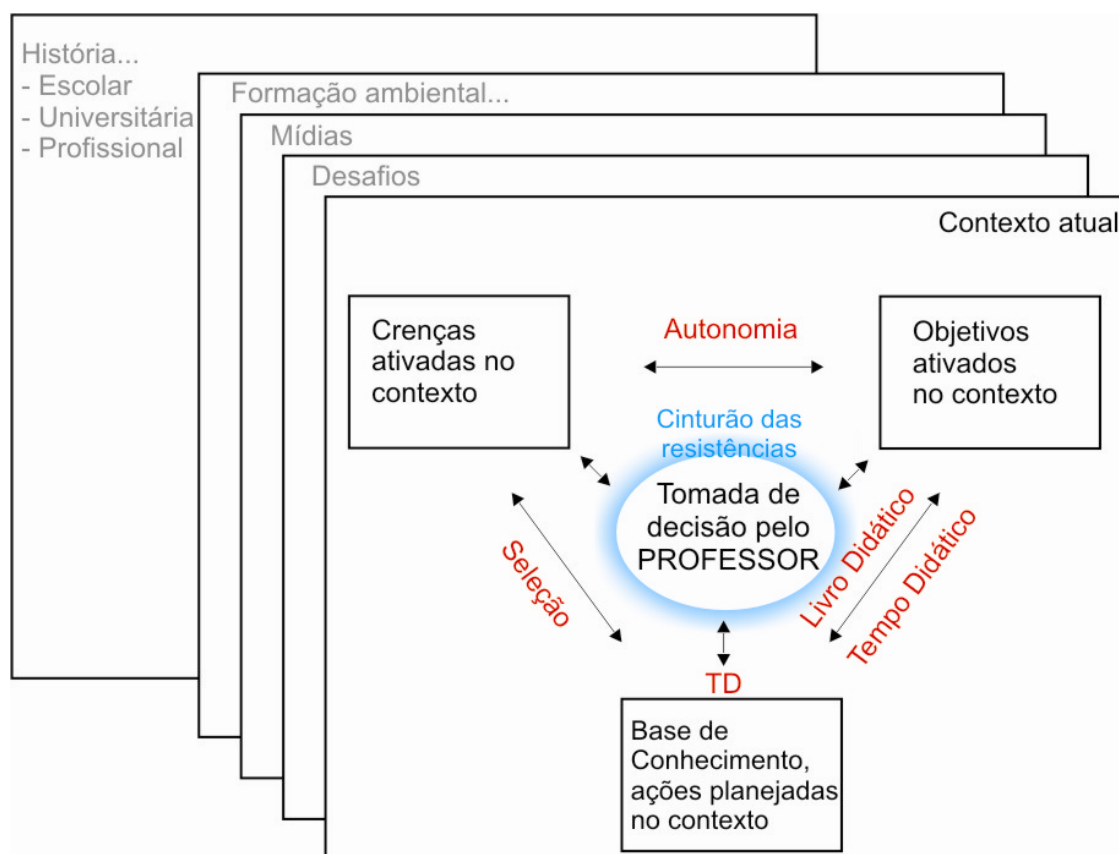


Ilustração 9 - Um novo modelo

Identificamos fatores da história dos professores e que apresentam reflexos no contexto atual de atuação, entre os quais se inclui a formação ambiental do período que ainda era aluno (ensino básico e universitário). Não é possível dissociar a história de vida do indivíduo e negar que persistem influências em suas

⁸¹ Parafraçando Lakatos.

ações atuais. O acesso às mídias, especialmente aquelas que resultam de estudos sistematizados e publicações em periódicos ou congressos podem refletir condicionamentos mais favoráveis ao ensino inovador. A profissionalização do professor passa a ser entendida como grande desafio, tanto para os formadores universitários como para os próprios educadores que necessitam gerenciar seu constante aprendizado, processo que deveria ser amparado pelo estabelecimento de políticas públicas consistentes e capacitação e valorização.

O contexto atual remete para a auto-influência das crenças, objetivos de ensino e base de conhecimento. Enquanto o processo de Transposição Didática (TD) alimenta um dos ramos da tomada de decisão, sofre influência do processo de seleção implantado por crenças condicionantes como aquela que dificulta o acesso aos conteúdos com matemática avançada, como é o caso da maioria dos temas envolvendo FMC. Por sua vez, o tempo didático atua como condicionante para o estabelecimento de objetivos, muitos deles já consolidados nos livros didáticos, os mesmos livros que colocam como adendo no último capítulo os conteúdos de FMC. A autonomia, outro fator de extrema relevância, se presta a julgar e estabelecer, com base em crenças e contexto, os programas de ensino.

O cinturão acionado em torno das decisões do professor não pode ser desconsiderado e sempre existirá, isso porque os outros fatores que o compõem também sempre estarão lá. Necessário é buscar elementos que o tornem permeável. Um processo que permita ao professor questionar seus próprios motivos em manter certas idéias e concepções sobre o ensino pode ser indicado como uma das possibilidades.

4.2 Interações e colaboração no ambiente – algumas evidências

Além da análise qualitativa descrita no início deste capítulo e que fornece alguns indicativos menos significativos, é necessário avaliar outro aspecto relevante: durante o processo foi possível perceber importantes elementos que sugerem a COLABORAÇÃO entre os envolvidos, remetendo para ações que envolvem operações de correspondência, reciprocidade (parcial ou total) e

complementaridade, nos termos definidos na obra de Piaget (1973). Alguns recortes do fórum de discussão são apontados como indicativos nesta direção:

P9... Você ressaltou um ponto interessante... A fragmentação do ensino de Física (e de quase todas as outras disciplinas!!!)... Concordo contigo quando você fala em holística, tomando essa palavra num sentido mais restrito... (Moderador - quinta, 14 setembro 2006, 14:01)

Por favor vejam esse livro. Considero um ótimo material para física moderna no ensino médio. Física Moderna Experimental e aplicada autor: Carlos Chesman / Carlos André / Augusto Macêdo.. (P16 - quinta, 21 setembro 2006, 07:07)

Fica como sugestão para todos os colaboradores... Valeu!!!! (Moderador - quinta, 21 setembro 2006, 16:52)

[...] Por outro lado, compreendo a opinião do colega P9, porém o que tem que ser mudado é o sistema e não os alunos. [...] A primeira regra para se aprender é querer e, nesse aspecto, também concordo com o colega P9. (P20 - sábado, 21 outubro 2006, 02:20)

P20... Foi uma ótima contribuição para nossa discussão.... Essa idéia de levar a ciência para os pequenos pode se tornar uma alternativa para a falta de motivação dos alunos no Ensino Médio e mesmo no fundamental, de quinta a oitava série. (Moderador - sábado, 21 outubro 2006, 18:51)

É nítida a relação estabelecida entre os pares a partir do momento em que surgem expressões características como “concordo” e “compreendo”, fornecendo indicativos de que os colaboradores estavam remetendo suas respostas às colocações anteriores de seus colegas, da mesma maneira que aconteceria em uma reunião presencial. De outra forma, os processos de referência e reciprocidade surgem espontaneamente ao longo da discussão, indicando por um lado a dinamicidade das ações dentro do fórum e, por outro, que os colaboradores estavam atentos a esta dinâmica. Um dos indicativos de que existe uma preocupação comum no grupo: um dos colaboradores indica um livro baseado em sua experiência anterior na área de ensino. Isto fornece indícios de que a ferramenta se constitui em uma poderosa forma de comunicação e interação social, respeitando o fato de se tratar de uma comunicação assíncrona que permite maior reflexão sobre a resposta registrada. A troca é estabelecida.

Da mesma forma aparecem outros momentos em que há elementos indicando contradições, evidenciada em uma rodada de “conversa” envolvendo dois colaboradores e o moderador:

[...] fica bastante difícil de implementar qualquer que seja a estratégia, para veicular uma física "de ponta", para o nível deles...A minha proposta é radical e temerária: tornar Física, Química, História, Geografia, etc(exceto Matemática e Português), disciplinas optativas no Ensino Médio. (P9 - segunda, 2 outubro 2006, 14:20)

P9... Sua posição é compreensível, diante das situações colocadas... Porém, nos Estados Unidos esse caráter optativo atribuído à Física escolar está gerando os piores resultados possíveis... Tanto que se fala em uma das maiores crises já vividas no ensino de Ciências (Física, Química, Biologia, ...) naquele país. (Moderador - quarta, 4 outubro 2006, 08:42)

Concordo com você Vanderlei (moderador), acredito que temos que lutar para que continue a física no ensino médio, até para que seu espaço, diante da carga horária deste nível de ensino, aumente, pois a cada dia a física aumenta seu campo de estudo, principalmente com a tecnologia evoluindo. (P20 - sábado, 21 outubro 2006, 02:20)

O que percebemos é a intenção dos colaboradores em estabelecer um equilíbrio nas proposições, identificando elementos de respeito mútuo diante da posição de um dos professores. Não é possível avaliar se houve, por parte do colaborador P9, uma resignificação de sua posição inicial, visto que nenhum registro posterior pode ser localizado. Identificamos o conflito de opiniões como um elemento que enriquece a discussão e se mostra potencialmente útil para que outros dados sejam incorporados a partir da ação do grupo. A interação promove o crescimento individual.

Em outro momento, as discussões serviram para avaliar as escolhas feitas pelo moderador (pesquisador) em função dos seus objetivos de pesquisa, deixando transparecer o clima de animosidade e incentivando maiores investimentos:

Com relação a proposta de abordar Nanotecnologia, achei muito interessante o tema. O texto foi importante pois propiciou mais algumas informações sobre as aplicações práticas. Dentro do contexto considero totalmente viável a abordagem do assunto. (P3 - terça, 20 fevereiro 2007, 19:36)

Nobre colega... Você identificou um problema interessante... Parece que a falta de propostas mais concretas para trabalhar a Física Moderna em sala de aula é um fato... (Moderador - segunda, 26 fevereiro 2007, 10:28)

Considero salutar a idéia de abordar nanotecnologia. O tema é muito interessante e abre várias possibilidades, as quais nós professores buscamos em nossa prática docente. [...] Com certeza encontraremos algumas dificuldades para concretizar essa abordagem, principalmente, como já comentou nosso amigo P3, no

que diz respeito ao material didático. Os materiais existentes são mais voltados para informação e não para formação e isso é um grande problema. (P4 - domingo, 25 fevereiro 2007, 22:14)

Na fala do colaborador P3, no dia 20/02, é citada a importância do material disponibilizado para consulta no ambiente. O texto a que se refere fornece uma visão geral do tema tratado na ocasião, a Nanociência e suas implicações tecnológicas, disponível no ambiente e enviado por e-mail. Por ser um ambiente em formato de hipertexto existe a possibilidade de criar links para artigos publicados na rede Web, aumentando as possibilidades de interação do colaborador com o próprio ambiente e com os recursos da Internet.

A aceitação da proposta sobre a Nanociência não é passiva. São apontadas dificuldades que o processo de implementação demanda (ex.: falta de material didático), com os quais o professor deve ficar atento. O próprio moderador, também professor de Física do Ensino Médio, reconhece esta necessidade. Como ação justificada por estas e outras constatações que se repetem ao longo da discussão, o material que acompanha a proposta didática analisada pelo grupo foi reformulado buscando maior aproximação das necessidades indicadas pelos colaboradores. Esta é uma das evidências mais consistentes de que efetivamente foi desencadeado um processo de colaboração dentro do grupo, o que é refletido pela tomada de decisões tanto pelo pesquisador/moderador como pelos colaboradores, também interessados no produto final. Outra ação desencadeada pelo grupo é o desejo pela manutenção de uma via de comunicação permanentemente aberta entre os colaboradores da pesquisa e possíveis novos contatos, o que justifica maiores investimentos.

Com certeza Vanderlei. Acho muito oportuno que o ambiente fique aberto após o término da pesquisa. Até com o objetivo de trocarmos materiais e planejamentos sobre o assunto. [...] Um abraço... (P3 - segunda, 26 fevereiro 2007, 13:03)

É isso aí galera. Vamos manter contato. Acredito que com nossas discussões e principalmente com a troca de informação poderemos enriquecer bastante nossas aulas. Vamos esquentar esse ambiente, hehehe... Abraço. (P4 - segunda, 26 fevereiro 2007, 23:53)

Nesse sentido já está disponibilizado na rede, em fase de testes, um ambiente virtual nos mesmos moldes daquele utilizado com os professores (Moodle),

idealizado e mantido pelo um autor deste trabalho⁸². Existe a aposta de que futuras intervenções com grupo de professores possam ser efetivadas através da mesma ferramenta, tornando o trabalho colaborativo novamente uma realidade. Há apoio: Carvalho & Gil-Peres (2000, p. 18) concordam que o trabalho docente não deveria ser uma tarefa isolada e mais, reforçam que o trabalho coletivo deveria ocorrer durante todo o processo de ensino/aprendizagem, da preparação das aulas até a avaliação, a exemplo do que ocorre com o próprio trabalho científico. Ninguém precisa dominar toda a gama de conhecimentos. Necessário é fazer transitar as informações.

Nesta direção nossa aposta começou a se concretizar no mês de outubro de 2007, quando o ambiente já foi utilizado em um minicurso para capacitação professores de Ciências do Ensino Fundamental da rede pública municipal de Florianópolis. Este pode ser considerado o primeiro resultado significativo deste trabalho, mesmo antes de seu término.

4.3 Podemos falar sobre Nanociência aos nossos alunos? - Primeiros resultados

Durante a 6ª SEPEX – Semana de Ensino, Pesquisa e Extensão da UFSC – foi consolidado um dos resultados prévios deste trabalho, sintetizado em um minicurso versando sobre Nanociência (CIMA, 2007). Oferecido com o intuito de provocar uma discussão sobre as possibilidades de abordar o tema com alunos do ensino médio e/ou fundamental e com um público-alvo bem definido – professores de Física – o minicurso despertou o interesse de áreas diversas. Entre os participantes figuraram pessoas do curso de Medicina da UFSC, professores de Ciências do Ensino Fundamental, uma professora de Bioquímica da UFSC, alunos dos cursos de Engenharia e pelo menos dois professores de Física.

A experiência serviu para gerar novos parâmetros ao que se idealizou como curso de formação para professores, a partir do momento em que houve uma tomada de consciência das reais necessidades de um processo dessa envergadura, mesmo partindo de uma situação particular e temporalmente curta. Inicialmente os

⁸² Disponibilizado no endereço <<http://www.novafisica.net/ambiente>>

participantes foram colocados em contato com o significado da Nanociência e de suas implicações, passo considerado importante para situar as futuras proposições. A exibição de trechos do filme “Viagem Fantástica⁸³”, de 1966, resgatou a polêmica sobre ficção e realidade. No filme, uma equipe com cientistas e médicos é miniaturizada até ficar do tamanho de um glóbulo vermelho (2.000 nanômetros) e injetada no organismo de um paciente para efetuar uma delicada operação no cérebro. Outros trechos de um documentário⁸⁴ sobre os carregadores de fármacos⁸⁵, mostrado na seqüência, contrapõe a realidade já existente onde drogas são conduzidas a pontos específicos e combatendo pontualmente determinados problemas, o que minimiza dosagens e efeitos colaterais. O uso de recursos disponibilizados na rede Internet auxilia no entendimento da noção de escala e tamanho. Sítios com boas referências foram avaliados pelos participantes do minicurso. Para finalizar o minicurso foi apresentada a seqüência didática descrita neste trabalho e discutidas algumas possibilidades de atividades didáticas envolvendo tópicos de Física Moderna sobre o tema Nanociência e suas implicações (Nanotecnologia).

Os treze participantes do minicurso, identificados de *MC1* até *MC13*, registraram suas opiniões em um questionário (*ver anexo I*). Destes registros destacamos alguns pontos interessantes que serviram como avaliação para a proposta.

Pergunta 3: Na atual realidade da Física no Ensino Médio, há espaços para temas de Física Moderna e Contemporânea?

MC1 – Sim. Deveria haver esses temas pois são temas que instigam os alunos a querer saber mais; são temas em aberto, há muitas questões sem resposta [...]

MC2 – Como está organizado o currículo, não. No entanto através de iniciativas isoladas de profissionais “comprometidos” pode-se discutir temáticas atuais e contextualizadas.

MC4 – Sim, desde que o professor esteja comprometido a ensinar [...].

MC6 – Sim, o tempo deve ser utilizado para entendermos a nossa realidade (o nosso tempo) – se há coisas que estão surgindo e como elas estão “mudando” a nossa vida, interagindo em nosso viver.

MC7 – Honestamente, como professor, penso que atualmente há

⁸³ Do original “Fantastic Voyage”, filme de ficção científica da década de 60 distribuído pela Fox Home Entertainment.

⁸⁴ Produzido pela BBC de Londres – Série Horizon – Título Original: The Dark Secret of Hendrik Schön

⁸⁵ Adaptado do termo em inglês “drug delivery”.

muito pouco tempo devido ao que citei antes: física amarrada ao programa básico e à LDB, além da cobrança do vestibular. Tudo o que tento trabalhar fora deste contexto sinto muita dificuldade e resistência, pois em geral os alunos tomam como “tempo perdido”.

MC12 – Na minha opinião ela é viável, mas deve ser implantada de maneira interdisciplinar. Por ser uma área vasta e complexa envolve outros setores de estudo como a Química e a biologia.

Mesmo que a maioria dos participantes não são professores de Física, um dia já foram estudantes e reconhecem a necessidade de ensinar e aprender sobre FMC. Aqueles que estão mais próximos ou que atuam como professores possuem um discurso moderado, identificando possíveis obstáculos para o tratamento de temas atuais no ensino de Física.

Pergunta 6: Antes deste minicurso você já possuía algum conhecimento sobre a Nanociência? Indique a fonte das informações que já possuía.

MC1 – Sim. Revistas, internet, televisão...

MC3 – Sim, por meio de leitura de artigos em revistas.

MC4 – Sim, porque eu costumo ler sobre avanços tecnológicos e, muitas vezes, fala-se de nanociência e também porque eu participei de uma palestra na última edição da SBPC.

MC6 – Nanociência não. Somente microscopia elet. varredura – dimensões que ela permite.

MC7 – Sim. Revistas, internet, documentários...

MC13 – Sim, por estudar Física e por leituras de periódicos

O minicurso despertou interesse pelo assunto. Era esperado que a maioria dos participantes conhecesse algo sobre o tema, mas quatro pessoas não tinham conhecimento sobre nanociência ou nanotecnologia. A mídia aparece como uma das principais fontes de informação sobre o tema. Também é esperado para os próximos anos um destaque ainda maior, fato que se adiciona como justificativa para este trabalho. Muitos alunos já ouviram falar do assunto e muitos ainda ouvirão.

Pergunta 7 – Faça uma avaliação da proposta apresentada. Ela é viável em relação aquilo que se propõe?

MC2 – A proposta apresentada é viável e muito interessante, principalmente na metodologia de avaliação (“Roleplay”) apresentada. Sugiro que pense na possibilidade de adaptá-la ao Ensino Fundamental (Ensino de Ciências)

MC3 – A proposta é viável. O recurso do computador não é fundamental, na minha opinião, mas ajuda a atrair o aluno, o que um texto por si só não faz.

MC7 – A proposta é extremamente interessante do ponto de vista da importância do tema. Porém penso que só pode ser implantada em grupos de alunos, já que estatisticamente uma grande parte destes não tem interesse em assuntos que não estão presentes nos seus hábitos diários. É uma questão cultural infelizmente! E aumenta esse grupo de alunos ano a ano.

MC10 – Sim, inclusive o uso de computadores, presentes na rede pública de ensino.

MC11 – A proposta me parece boa, mas creio que enfrentará alguma resistência dos professores quando implementá-la. Estão acostumados a uma receita que não lhes traz muitos problemas.

MC13 – Apesar de interessante e bem estruturada, faz-se necessários recursos que infelizmente não são disponíveis aos professores de rede pública (computador, canhão e, especialmente, tempo)

O debate mais “quente” acontece quando a proposta é colocada à prova. Os discursos são realçados. Por um lado surgem opiniões daqueles que se reconhecem como alunos de uma Física fora de contexto. Por outro lado o discurso se aproxima das necessidades do professor, onde surgem dúvidas quanto aos recursos disponíveis e ao interesse dos alunos. Da mesma forma que os registros feitos durante a pesquisa com o grupo de professores no ambiente virtual, relatada neste capítulo, existem receios de que propostas inovadoras possam não ecoar por este ou aquele motivo. Como citado por um dos participantes, a eminente necessidade de ampliação da base de conhecimentos do professor pode justificar o discurso daqueles que vislumbram problemas e dificuldades quase intransponíveis para implementar propostas como aquela que se apresenta aqui.

Dentre as demais questões ainda destacamos uma que solicita aos participantes a opinião sobre o formato do minicurso. Os dois professores de Física e uma professora de Ciências do Ensino Fundamental concordam que cursos como este devam permitir a interação dos interessados, ou seja, há necessidade de abrir espaço para discussões, apresentação das concepções dos participantes e trocas de experiências. Da mesma forma existe clara e expressa indicação em distribuir, igualmente, tratamento conceitual mais aprofundado e discussão didático-metodológica envolvendo uma diversidade de recursos disponíveis para apreensão do tema por parte dos alunos. A aprendizagem do aluno deve ter espaço e a conversa entre os formadores possibilita ancorar o tema. Reforçamos: este é um dos motivos que sugere ser imperativo pensar nas bases teóricas dos diversos campos da Didática das Ciências e da Pedagogia como fundamento dos cursos de formação

continuada, categoria na qual se enquadra a proposta apresentada e discutida anteriormente.

Ainda, resulta de uma discussão durante as atividades da 6ª SEPEX a proposta de uma oficina sobre Nanociência para professores de Ciências da rede pública do município de Florianópolis. A concretização da proposta ocorreu alguns dias depois de iniciadas as tratativas para acordos de calendário com a Secretaria de Educação da Prefeitura Municipal, que se destaque, prevê horas-atividade específicas para participação dos professores da rede em cursos e oficinas (formação permanente). Nesse ínterim houve a promoção de uma parceria com o projeto de extensão Baú de Ciências⁸⁶, mantido pelo Departamento de Física da UFSC e coordenado pelo Prof. Dr. Nelson Canzian, criando-se o “Curso de formação continuada para professores de Ciências” (*ver Anexo II*). Dois módulos foram ajustados. O primeiro, com 24 horas-aula, contemplando “Atividades experimentais no ensino de Ciências” dedicadas à realização de atividades experimentais do portfólio do Baú de Ciências. O segundo, com carga horária de 8 horas-aula, tem como tema uma “Viagem ao mundo do muito pequeno”, Neste módulo são apresentados tópicos relacionados às possibilidades didáticas da nanotecnologia para o ensino de Ciências no Ensino Fundamental, que incluem a construção de equipamentos didático-pedagógicos com materiais de baixo custo e utilização extensiva de recursos audio-visuais.

Entendemos, assim, que os objetivos do trabalho estão sendo cumpridos. Além da discussão “virtual” com um grupo de professores de Física, temos a oportunidade de compartilhar com professores de Ciências do Ensino Fundamental alguns momentos para crescimento profissional e de renovação didático-metodológica. Não é arriscado afirmar que resultados positivos devem ocorrer em breve, da mesma forma que novas reestruturações serão implementadas ao modelo que foi proposto. Ainda nos resta fazer o acompanhamento de resultados de sala de aula, após o devido processo realizado com os professores. É uma porta que se abre para novas pesquisas.

⁸⁶ Maiores detalhes sobre o projeto estão disponíveis em <http://www.fsc.ufsc.br/~canzian/bau/index.html>.

CAPÍTULO V – PROVOCAÇÕES

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Introdução

A aposta reforçada durante todo o trabalho é pela formação de professores de Ciências, de modo geral, particularmente de físicos-educadores. Julgamos que o assunto precisa ter espaço privilegiado nas discussões acadêmicas em todos os momentos, pois a constante vigilância sobre a qualidade desta formação tende a induzir resultados positivos nas ações em sala de aula. Entre os fatores que compõe o complexo mecanismo escolar, desencadeadores das ações de ensino e aprendizagem, a opção foi aquele que gerencia a sala de aula. A pesquisa foi capaz de apontar que o professor tem consciência de suas limitações na formação acadêmica e que isso cria dificuldades que precisam ser superadas no trabalho em sala de aula, especialmente quando remetemos a discussão para tópicos de C&T contemporâneas envolvendo, necessariamente, assuntos de Física Moderna e Contemporânea. O processo de adaptação dos saberes fica prejudicado pelas lacunas existentes na base de conhecimento disponível e pela dificuldade na articulação do tema. Assim, a complementação do processo de formação inicial é necessidade eminente, também evidenciada nas falas dos colaboradores.

Os programas de formação inicial de professores precisam ficar atentos para o fato de que seus egressos tenham ciência de que a curta vivência na academia (entre oito ou doze semestres, costumeiramente!) representa um começar, um início. Ora, curso inicial sim, mas não propedêutico, pois abraça um corpo teórico estruturado e fornece aos graduandos possibilidades didático-metodológicas condizentes com os avanços obtidos pela pesquisa em Ensino. Há de se repensar a forma como esses cursos tratam deste assunto com seus alunos, futuros

professores da educação básica. O processo de formação acadêmica inicial (graduação) não deve omitir que a superação desta fase sugere ao aluno uma nova busca por complementação, ou seja, a formação inicial não esgota todas as possibilidades e este não deve ser seu objetivo. Afinal, vivemos em uma sociedade em constante transformação, onde a Ciência apresenta novas possibilidades a todo o instante. Como exigir do processo inicial uma abrangência sobre a qual não tem pleno domínio?

É neste ponto que indicamos para os caminhos da formação contínua, através de programas estruturados por meio de ações alicerçadas em políticas públicas de desenvolvimento profissional docente. Entendemos que está na esfera das políticas de governo (regionais ou nacionais) promover tais ações em prol da melhoria das condições de ensino, que passam, impreterivelmente, pela formação dos professores. O que há, neste meio, é um jogo de responsabilidades. Se por um lado podemos deduzir que é responsabilidade dos governos a criação dos mecanismos de formação que o professor necessita, seja ela da ordem dos recursos financeiros, físicos e de pessoal, por outro lado devemos cumprir nosso papel enquanto membros de uma comunidade acadêmica de pesquisa, apontando alguns caminhos para o desencadeamento destes processos. Nosso papel é cumprido a partir do momento em que, por meio de análise e estudos metodológicos, emitimos juízos de valor acerca das propostas apresentadas pela pesquisa que vem ao encontro das demandas de formação atuais.

Há sugestões: reconhecer e mapear as iniciativas dos pesquisadores de nossa área e, a partir da montagem de um quadro geral, avaliar propostas potencialmente interessantes e capazes de promover novas discussões e outras propostas didáticas plausíveis e condizentes com a realidade escolar. Este trabalho pode servir como exemplo, a partir do momento que se transforma uma proposta didática em torno de um tópico de Ciência e Tecnologia Contemporânea em proposta para capacitação de professores. Como este há tantos outros trabalhos na mesma direção. Por que não investir na estruturação de grupos capazes de desenvolver tais temas?

Com o devido apreço, deve-se ficar atento para não reduzir o papel do professor que participa de um processo de formação ao simples apreender. Defendemos que seja oportunizada a exposição e consideração do contexto particular de ensino de cada participante, assim como se deve atribuir o devido valor

às idéias geradas em colaboração com o seu grupo, pois é a partir do resultado desta interação que as propostas precisam ser fomentadas. Não surtirá efeito, ou os efeitos serão menores, se produzirmos recursos didáticos demasiadamente sofisticados cujo acesso seja proibitivo, conforme já defendido neste trabalho.

Conhecendo nossas escolas e reconhecendo que a maioria delas, notadamente as públicas, não possui sequer os mínimos recursos de informática, não é plausível pautar propostas baseadas em recursos como Datashow e laboratórios com ampla estrutura. É preciso pensar naquelas escolas onde a TV e o DVD Player são os únicos representantes das chamadas “novas tecnologias”. É necessário investir nesses recursos que já estão disseminados e acessíveis, da mesma forma que as atividades experimentais propostas devem explorar materiais de fácil acesso, mesclando recursos disponíveis em mídias fixas ou rede, sempre que possível. Desta forma, entendemos que um número maior de professores (e alunos!) possam tirar proveito das ações já existentes e daquelas propostas que justificariam aumento dos investimentos governamentais em pesquisa e desenvolvimento da área de ensino de Ciências, da Física em particular. Já percebemos alguns reflexos, basta olhar os mais recentes editais de financiamento público para projetos de produção de materiais didáticos em multimeios. O que se espera são materiais de qualidade e acessíveis ao contingente de alunos das escolas públicas brasileiras.

5.1 Para onde caminham os Professores de Física?

Uma nova geração (de professores e de alunos!) se assenta nos bancos escolares e não tardará a superação de barreiras que impedem formas mais dinâmicas e inovadoras de ensinar e de aprender, onde modelos estáticos e lineares devem ceder lugar à dialogicidade, ao respeito pela construção individual e coletiva dos saberes dentro de processos de ensino-aprendizagem mais amplos e consistentes. Entretanto, muitos caminhos precisam ser percorridos para que mudanças significativas ocorram e sejam definitivamente implantadas.

Os debates gerados nos centros de formação de professores de Física indicam que alguns processos já estão em andamento, sendo concretizados pela

implementação de mudanças significativas na estrutura dos cursos de licenciatura. Alguns pontos já podem ser observados e nos levam a defender a idéia de que novas estratégias na formação inicial e continuada podem proporcionar resultados positivos em sala de aula, sinalizando com professores instrumentalizados e seguros, capazes de adotar práticas didático-metodológicas problematizadoras e condizentes com o papel que a Ciência desempenha no modo de vida atual. Já é possível apontar alguns sinais que reforçam nossa posição:

- A introdução das disciplinas de “Prática de Ensino Como Componente Curricular⁸⁷”, capazes de promover a discussão didática dos conteúdos teóricos da Física ao longo do processo de formação e garantir a integração horizontal com outras disciplinas e áreas do curso. Esse novo componente pode ser percebido como espaço privilegiado da nova concepção de Prática de Ensino, onde se prevê a discussão e criação de formas diferenciadas para ensinar-e-aprender os conhecimentos das disciplinas tradicionais no Ensino Médio e outros níveis de escolaridade formais ou não-formais. O que se espera dos egressos de cursos construídos sobre estas novas bases, futuros físicos-educadores, é a ampliação do leque de opções didático-metodológicas apoiadas em discussões com fundamento teórico mais definido, em especial maior aporte para tratamento dos temas atuais da Física, ou seja, a promoção de conteúdos condizentes com a realidade estabelecida e a devida valorização dos saberes da Física Clássica. Por vezes os colaboradores deste trabalho indicaram a necessidade de novos arcabouços didáticos, sinalizando a ausência destes elementos no processo de formação inicial por eles vivenciado.

- A adequação dos cursos de formação à carreira de Físico-Educador, com objetivos na direção de formar um profissional que venha a dedicar-se, também, a outras tarefas individualmente ou em equipe, que demandam elementos da formação específica dos outros perfis apontados para a profissão do Físico, consideradas as frentes de trabalho e atividades docentes.

- A criação de espaços permanentes para a formação continuada e projetos de extensão universitária, apoiados na competência de professores universitários e no fomento oriundo das agências governamentais de apoio à pesquisa. O estreitamento da relação entre a academia e a escola básica pode ser realizado com ações a partir destes projetos orientados pelas universidades.

⁸⁷ Evocada por demanda das resoluções do Conselho Federal de Educação a partir do ano de 2002.

Com o devido apoio e gerando estímulos na base de conhecimentos que o professor já dispõe é razoável admitir a reestruturação dos quadros de ensino atuais, é claro, desde que se estabelecem as condições adjacentes no próprio ambiente escolar. Entre estas condições estão: a motivação dos alunos para o estudo, as condições físicas da escola, o apoio pedagógico, os recursos tecnológicos, a valorização profissional e pessoal. Não se espera encontrar uma escola ideal. O que se deseja é um ambiente que permita realizar o trabalho de ensinar e não apenas “ministrar aulas”! O professor, sozinho, não será capaz de criar tal ambiente!

5.2 Colaboração na ação

Um dos traços que este trabalho de pesquisa pretende deixar está evidenciado na oportunidade de gerar um convívio em um ambiente virtual e, a partir deste espaço, promover ações colaborativas entre os participantes. E mais, extrair desta relação um produto final: uma proposta didática sobre Nanociência. A experiência relatada nos capítulos 3 e 4 demonstra o potencial de uma forma de comunicação diferente que se prestou para produzir novos conhecimentos entre aqueles que compartilham (ou não!) alguns modos de pensar.

Até que ponto existe, efetivamente, ganho para os que participam de um processo similar ao vivenciado aqui? Até que ponto se usa e tira-se o devido proveito das ferramentas de comunicação “virtuais” síncronas e assíncronas? É possível crescer profissionalmente compartilhando opiniões com grupos de interesses convergentes? Vale a pena investir na criação de espaços de comunicação para formação docente (inicial ou contínua)? Nós, professores, sabemos viver no ciberespaço? Por que a tecnologia da informação e comunicação nos impressiona tanto? Como imergir nesta nova e inegável realidade?

Novas perguntas com velhas respostas ou velhas perguntas com novas respostas? É certo, podem parecer ao mesmo tempo tão óbvias e tão abstratas, tão convergentes quanto divergentes, difíceis de concatenar. Mas, até quando será deste modo? Até quando nos perguntaremos sobre como integrar prática educacional com TIC, ou, até quando nos integraremos às TIC? Quando findar mais

um século? Quando nos conscientizarmos, definitivamente, que os tempos são outros?

A experiência colaborativa deste trabalho deixará outros traços. Houve resistência e desistência de professores durante a pesquisa. Não sabemos o porquê, não até agora. O computador causou espanto? Em pleno século XXI? Não. O tempo não permitiu, não foram criadas as condições necessárias, o convite não permitiu despertar o devido interesse pela pesquisa. Poderíamos elencar outras possíveis causas dos abandonos daqueles que haviam confirmado presença no início. Por enquanto nos interessa os outros 45% que participaram.

Novos medos e receios transpareceram no grupo. Qual nosso nível de adaptabilidade às novas situações? Como ficamos quando um aluno nos faz uma pergunta cuja resposta não se sabe? Como transpor um conteúdo sobre o qual ainda não possuímos uma base de conhecimentos formada? Como inserir novos conteúdos em um programa que não comporta sequer aqueles “conteúdos tradicionais” do livro didático? Não houve grandes surpresas. O fato de que tantos questionamentos permearam as discussões, por vezes permanecendo implícitos, remetem para as particularidades do ato de ensinar! E aquele que tem a mínima preocupação com o que o aluno apreende pensa sobre sua ação, questiona, renova, busca!

Nossa experiência foi válida, na forma de pesquisa e ação com o grupo. Novos investimentos são necessários para clarear alguns pontos menos transparentes. A ação que se iniciou com a pesquisa prossegue, buscando juntar mais pessoas com interesses comuns, especialmente os que se identificam com o Ensino de Física e a pesquisa. Diretamente, essas ações promovem a verdadeira função da rede Internet: compartilhar e colaborar para crescer.

O que era apenas uma pesquisa se transforma em proposta para crescimento profissional, mesmo reconhecendo que persistem certas carências de bases teóricas. Do processo resultam professores diferentes, mais questionadores, menos isolados, mais capazes. Neste caso as TIC cumpriram seu papel, mesmo percorrendo um caminho sinuoso. Mais um passo pode ser incorporado ao conjunto de conhecimentos que dispomos sobre possibilidades dessas tecnologias dos séculos XX e XXI. Ao ampliar o horizonte, vemos novos desafios!

5.3 Perspectivas futuras e novas inquietações

Ao final fica a necessidade de investigar como os elementos da proposta apresentada, e discutida com o grupo, convergem para a formação de professores críticos-reflexivos e se existem reflexos na sua prática pedagógica cotidiana. Para isso, seria necessário retornar às bases desta pesquisa e avaliar se houve a aplicação da proposta ou parte dela. Com este acompanhamento, há possibilidade de avaliar o nível de aceitabilidade destas propostas inovadoras de ensino, estendendo-as para outros grupos.

Da mesma forma, cabe melhor avaliação dos recursos disponibilizados pelo ambiente virtual de ensino-aprendizagem, identificando de forma estas novas ferramentas podem potencializar cursos de formação. Uma das estratégias seria investigar o processo de formação de grupos de estudo com professores de Física e as possíveis contribuições que o grupo fornece ao indivíduo, através do compartilhamento de contextos e práticas docentes. A partir da interação do grupo propostas seriam reestruturadas e adaptadas às realidades particulares, oferecendo respostas para outros grupos.

Um novo horizonte para a formação de professores, de acordo com Menezes (2001), Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002), Gil-Pérez e Carvalho (1998), poderia se estabelecer considerando novas necessidades formativas, tais como: conhecimento dos conteúdos científicos a ensinar, aspectos epistemológicos e históricos e as interações Ciência, Tecnologia e Sociedade, associadas à construção dos conhecimentos; também a superação do senso comum pedagógico, incorporando conhecimentos contemporâneos em C&T concebidos como cultura. Concordamos com estes autores. Deve-se ainda, considerar a formação inicial ou permanente como aspecto essencial para evitar a inovação metodológica ao se contrapor a mesmice e o saber cristalizado ao longo dos tempos. Também a assumir que a pesquisa é um instrumento fundamental, pois evita a repetição e traz novos olhares a partir da realidade investigada. O professor, como sujeito capaz de agir, refletir e planejar o processo que de fato acontece no interior da sala de aula, tornando-se o real construtor de novas teses e atitudes em relação a ele.

Com os devidos cuidados, os processos de formação continuada da forma como estimulamos aqui podem gerar efeitos a curto e longo prazo. Como

argumenta Delizoicov (2005, p. 374), sabemos que, seja qual for a proposta desenvolvida em tais cursos, quando não são convenientemente articulados à organicidade do cotidiano escolar, isto é, planejados juntamente com o professor e considerando as condições em que ele atua na escola, têm relativamente pouca influência na implantação de novas práticas que resultam em mudanças e quebras da tradição estabelecida.

Pensar não se resume em abstrações, seguramente! Aqui pensamos e agimos com e sobre alguém na esperança de transformá-lo de forma significativa. Concomitantemente, dialogamos, problematizamos, interagimos, crescemos, mesmo encontrando poucas respostas. Ficou uma certeza: o poço de perguntas se ampliou, ainda mais...

REFERÊNCIAS

ALVES FILHO, José de Pinho, PINHEIRO, Terezinha de Fátima, PIETROCOLA, Maurício. A Eletrostática como exemplo de Transposição Didática *in* **Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora**. (Maurício Pietrocola org.). Florianópolis: Editora da UFSC, 2001. p. 77-99.

ALVETTI, Marco A. Simas. **Ensino de Física Moderna e Contemporânea e a Revista Ciência Hoje**. 1999. Dissertação (Mestrado em Educação). Programa de Pós-Graduação em Educação – UFSC, Florianópolis.

_____; DELIZOICOV, Demétrio. Ensino de Física moderna e contemporânea e a Revista Ciência In: **ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 6.**, 1998, Florianópolis. Atas. Florianópolis: Imprensa UFSC, 1998. 3p., [Seção de Pôsteres]. 1 CD-ROM.

AMARAL, Ivan Amorosino do; MEGID NETO, Jorge. Qualidade do Livro Didático de Ciências: o que define e quem define? **Revista Ciência & Ensino**, n.2, p. 13-14, Campinas: 1997.

ANDRÉ, Marli Eliza D. A. de. **Etnografia da prática escolar**. Campinas, SP: Papirus, 1995.

ARRUDA, Sérgio de Mello. **Entre a inércia e a busca – Reflexões sobre a formação em serviço de professores de Física do Ensino Médio**. 2001. Tese (Doutorado em Educação) Faculdade de Educação – USP, São Paulo.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10520**: informação e documentação: referências: elaboração. Rio de Janeiro, 2002.

ASTOLFI, Jean-Pierre; DEVELAY, Michel. **A didática das Ciências**. Trad. Magda S. S. Fonseca. Campinas, SP: Papirus, 1990.

____ et al. **Mots-clés de la didactique des sciences**. 1. ed. Bruxele/Bélgica: Pratiques Pédagogies de Boeck & Larcier S.A, 1997.

AUBRECHT, Gordon J. **Redesigning courses and textbooks for the twenty-first century**. American Journal of Physics, Woodbury, v. 57, n. 4, p. 352-359, Apr. 1989.

BARDIN, Laurence. **Análise de Conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1979.

BAROJAS, Jorge (Ed.) **Cooperative networks in physics education**. New York: American Institute of Physics, 1988. (AIP Conference Proceedings, 173).

BORK, Ana Valéria B. A utilização da técnica do Roleplay no Ensino Médio. Anais do **53º Seminário do Grupo de Estudos Lingüísticos do Estado de São Paulo**. São Carlos, 2005. Disponível em < <http://gel.org.br/4publica-estudos-2006/sistema06/1107.pdf>>. Acessado em 05/09/2007.

BRASIL. **PCN – Parte I - Bases Legais**. / Secretaria de Educação Média e Tecnológica – Brasília : MEC ; SEMTEC, 2000a.

_____. **PCN – Parte III - Ciências da natureza, Matemática e suas tecnologias**. / Secretaria de Educação Média e Tecnológica – Brasília : MEC ; SEMTEC, 2000b.

_____. **PCN+ Ensino Médio - Ciências da natureza, Matemática e suas tecnologias**. / Secretaria de Educação Média e Tecnológica – Brasília : MEC ; SEMTEC, 2002.

_____. Secretaria de Educação Básica. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio (OCEM)**. v. 2 – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília, D.F.: MEC, SEB, 2006. Disponível em http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book_volume_02_internet.pdf. Acessado em 03/03/2007.

BROCKINGTON, Guilherme; PIETROCOLA, Maurício. Serão as regras da Transposição Didática aplicáveis aos conceitos de Física Moderna? Revista **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 10, n. 3, paginação eletrônica, 2005. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>>

BROUSSEAU, Guy. Fundamentos e Métodos da Didática da Matemática. In: Brun J. **Didática das Matemáticas**. (Extrato p. 48-74) Horizontes pedagógicos. Instituto Piaget. Lisboa. 1999.

BUNGE, Mario. **Filosofia da Física**. Tradução de Rui Pacheco. Porto: Edições 70, 1973.

_____. **Teoria e realidade**. São Paulo: Perspectiva, 1974.

_____. **Epistemologia: curso de atualização**. Tradução de Cláudio Navarra. São Paulo: T. A. Queiroz: Ed. Da USP, 1980.

CAMARGO, Antônio José. **A introdução da Física moderna no 2º grau: obstáculos e possibilidades**. 1996. Dissertação (Mestrado em Educação) Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de; GIL-PEREZ, Daniel. **Formação de professores de Ciências: tendências e inovações**. 4. ed. São Paulo: Cortez, 2000.

CARVALHO, Djalma Pacheco de. A nova Lei de Diretrizes e Bases e a Formação de Professores para a Educação Básica. **Revista Ciência e Educação**, v.5, n.2 – Editora da UNESP, Bauru: 1999. p. 81-90.

CAVALCANTE, Marisa de Almeida – O ensino de uma Nova Física e o Exercício da cidadania. In: **Revista Brasileira de Ensino de Física** – vol. 21 nº. 4 – SBF, São Paulo: 1999.

CBPF [Sítio de Internet desenvolvido pelo Centro Brasileiro e Pesquisas Físicas]. Conteúdo disponível em <http://www.cbpf.br>. Acesso em junho de 2007.

CHEVALLARD, Yves. **La transposition didactique: du savoir savant au savoir enseigné**. Grenoble: La Pensée Sauvage, 1985.

CIMA, Vanderlei A.; ALVES FILHO, Jose de Pinho. Construindo bases para autonomia científica e tecnológica: transformando atividades experimentais em Física em espaços de negociação. In: **IV Congresso Iberoamericano de Educacion Científica**, 2006, Lima - Perú. Atas do IV Congresso Iberoamericano de Educacion Científica - Innovacion y Socializacion. Lima-Peru, 2006. v. 1. p. 1-9

_____. Nanoreisen: uma viagem ao mundo do muito pequeno. **Semana de Ensino, Pesquisa e Extensão da Universidade Federal de Santa Catarina - SEPEX**. Anais da 6ª SEPEX. Florianópolis: UFSC, 2007. CD-Rom.

CLARK, C., et al. Collaboration as Dialogue: Teachers and Researchers Engaged in Conversation and Professional Development. **American Educational Research Journal**, Vol. 33, n. 1, 1996, p. 193-231

DELIZOICOV, Demétrio. Pesquisa em Ensino de Ciências com Ciências Humanas Aplicadas. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. v. 21, n. 2, Depto Física, UFSC: 2004. p. 145-175.

_____. Resultados da pesquisa em ensino de Ciências: comunicação ou extensão? **Cad. Bras. Ens. Física.**, v. 22, n. 3, Depto. Física, UFSC: 2005. p. 364-378.

_____; ANGOTTI, José André; PERNAMBUCO, Martha. **Ensino de Ciências – Fundamentos e Métodos**. Editora Cortez. São Paulo: 2007.

DOUGIAMAS, Martin. Reading and Writing for Internet Teaching. 1999. Disponível em <<http://dougiamas.com/writing/readwrite.html>>. Acesso em 30/05/2006.

FARMELO, Graham. **Teaching particle physics in the open university's science foundation course**. Physics Education, Bristol, v. 27, n. 2, p. 96-101, Mar. 1992.

FERREIRA, Berta W. **Análise de Conteúdo**. In <http://www.ulbra.br/psicologia/psi-dicas-art.htm> - acessado em 12/11/2006.

FOUREZ, G. **Alfabetización científica y tecnológica: acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias**. Buenos Aires: Ediciones Colihue, 1997.

FRACALANZA, Hilário; MEGID NETO, Jorge. **O livro didático de Ciências no Brasil**. Campinas: Editora Komedi, 2006.

FRAGA, Giulia Andione Robouças et al. Educação on-line: interatividade e aprendizagem colaborativa. **12º Congresso Internacional de Educação à Distância**. ABED, 2005. Disponível da URL: <http://www.abed.org.br/congresso2005/por/index.htm>. Acesso em 30/05/2006.

FREITAS, Denise de; VILLANI, Alberto. Formação de Professores de Ciências: um desafio sem limites. **Investigação em Ensino de Ciências**. Instituto de Física – UFRGS. v.7, n.3 (dez. 2002). Consulta on-line em <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/>, acessado em 28/07/2006.

GADOTTI, Moacir. **Perspectivas atuais da educação**. São Paulo Perspec., São Paulo, v. 14, n. 2, 2000. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-88392000000200002&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 16/05/2007. Pré-publicação.

GAUTHIER, Clermont [et at.] **Por uma teoria da pedagogia: pesquisas contemporâneas sobre o saber docente**. Trad. Francisco Pereira. Ijuí: Ed. UNIJUÍ, 1998.

GEREMIAS, Bethânia Medeiros; CIMA, Vanderlei André; ANGOTTI, José André Peres. Contribuições dos Meios Tecnológicos-Comunicativos para o ensino de Ciências. ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS. **Atas do V ENPEC, N. 5** / Roberto Nardi e Oto Néri Borges (Orgs.) -- Bauru: ABRAPEC, 2005. CD.

GIL-PÉREZ, Daniel, SENENT, Fernando, SOLBES, Jordi. La introducción a la Física moderna: un ejemplo paradigmático de cambio conceptual. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, p. 209-210, set. 1987. n. extra.

GRUPO DE REELABORAÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA (GREF). São Paulo: Editora da USP, v.1, **Mecânica**, 1993.

_____. São Paulo: Editora da USP, v.2, **Física térmica e óptica**, 1993.

_____. São Paulo: Editora da USP, v.3, **Eletromagnetismo**, 1995.

GUIMARÃES, Gisele M. A.; ECHEVERRIA, Agustina Rosa; MORAES, Itamar José. Modelos didáticos no discurso dos professores. **Revista Investigações em Ensino de Ciências**, n.3, vol. 11, IF-UFRGS: Dez. 2006.

HUBERMAN, Alan Michel. **Como se realizam as mudanças em educação: subsídios para o estudo do problema da inovação**. 2ª ed. São Paulo: Cultrix, 1973.

JONNAERT, Philippe. Devolução versus contra-devolução! Uma tendência incontrolável para o Contrato Didático. In: RAISKY, C. & CAILLOT, M. (Orgs) **Au-delà des didactiques, de didactique, le debat autour de concepts fédérateurs**. Paris. De Boeck Université. 1996. (115-144).

KNELLER, George F. **A Ciência como atividade humana**. Rio de Janeiro: Zahar; São Paulo: Ed. Univ. S. Paulo, 1980.

KRASILCHIK, Myrian. **O professor e o currículo das Ciências**. São Paulo: EPU – Editora da USP, 1987.

KUHN, Thomas S. **A estrutura das revoluções científicas**. 3. ed. São Paulo: Perspectiva, 1989.

LEAL, Christiano Carvalho; MASSUNAGA, Marcelo S. de Oliveira. Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio: uma análise de como os livros didáticos estão tratando o princípio da incerteza de Heisemberg. In: **Anais do XXI SNEF**. Rio de Janeiro: CEFET/SBF, 2005.

LEGOINHA, Paulo; PAIS, João; FERNANDES, João. O Moodle e as comunidades virtuais de aprendizagem. **VII Congresso Nacional de Geologia**. Sociedade Geológica de Portugal, Universidade de Évora, 2006.

LÉVY, Pierre. **O que é o virtual?**. Tradução de Paulo Neves. São Paulo: Editora 34, 1996.

LÜDKE, Menga e ANDRÉ, Marli Eliza D. A. **Pesquisa em educação – Abordagens Qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986.

MARANDINO, Marta. A prática de ensino nas licenciaturas e a pesquisa em Ensino de Ciências: questões atuais. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, vol 20, n. 2: 2003.

MENEZES, Luis Carlos de. **Formação continuada de professores de Ciências no contexto Iberoamericano**. 2ª ed. Campinas, SP: Autores Associados, 2001.

MIZUKAMI, Maria da Graça Nicoletti, et al. **Escola e aprendizagem da docência: processos de investigação e formação**. São Carlos, SP: EdUFSCar, 2002.

MORAN, José Manuel. **O que é a Educação a Distância**. Versão on-line obtida em <http://www.eca.usp.br/prof/moran/dist.htm>. Acesso em 15/04/2007.

MOREIRA, Marco Antônio. Um Mapa Conceitual sobre Partículas Elementares. **Revista Brasileira de Ensino de Física** – vol. 11, nº. 1 – SBF, São Paulo: 1989.

_____. Ensino de Física no Brasil: Retrospectiva e Perspectivas. **Revista Brasileira de Ensino de Física** / Sociedade Brasileira de Física. v.22, n.1 (mar.2000), p.94-99

_____. A teoria dos campos conceituais de Vergnaud, o ensino de Ciências e a pesquisa nessa área. **Revista Investigação em Ensino de Ciências**. Instituto de Física – UFRGS. v.7, n.1 (mar.2002). Consulta on-line em <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/>, acessado em 30/05/2006.

MORIN, Edgar. **O método IV: as idéias**; tradução de Emilio Campos Lima.- Mem Martins: Europa-America, 1991.

MOTA, Luiza Matos. **As controvérsias sobre a interpretação da mecânica quântica e a formação dos licenciados em Física (Um estudo em duas**

instituições: UFBA e UFSC). 2000. Dissertação (Mestrado em Educação) Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis.

NAZARENO, Cláudio et al. **Tecnologias da informação e sociedade: o panorama brasileiro.** Brasília: Câmara dos Deputados, Coordenação de Publicações, 2006. 187p. -- (Série temas de interesse do legislativo; n. 9) – Disponível em http://www.camara.gov.br/internet/infdoc/Publicacoes/html/pdf/tecnologia_info.pdf. Acesso em 02/09/2007.

OSTERMANN, Fernanda. **Tópicos de Física Contemporânea em escolas de nível médio e na formação de professores de Física.** 2000. Tese (Doutorado). Instituto de Física – UFRGS, Porto Alegre.

_____. O debate sobre as licenciaturas em Física no Brasil. In: SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA, **Proposta de diretrizes para professores de educação básica,** disponível em <http://www.sbfisica.org.br/servicos/proposta.htm>, 2001, acesso em 23/04/2007.

OSTERMANN, Fernanda; MOREIRA, Marco Antônio. **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. [Seção de Comunicações Oraís] 1 CD-ROM.

_____; _____. **Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa "Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio".** In: Revista Investigação em Ensino de Ciências, vol. 5 nº. 1, Instituto de Física – UFRGS, 2000.

_____; RICCI, Trieste F. 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, vol. 19, n. 2: 2002.

PACCA, Jesuína L. A.; VILLANI, Alberto. **Conception d'une formation pour enseignants de physique: un changement de perspective dans un cours de perfectionnement au Brésil.** Didaskalia, 7, pp. 117-129, 1995.

PAULO, Iramaia J. C. de. **Elementos para uma proposta de inserção de tópicos de Física moderna no ensino de nível médio.** Cuiabá: Instituto de Educação - UFMT, 1997. Diss. Mestr. Educação.

PEDUZZI, Sonia S. Concepções alternativas em Mecânica in PIETROCOLA, Maurício. (organizador). **Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora.** Florianópolis: Editora da UFSC, 2001.

PENA, Fábio Luís Alves. Carta ao Editor. **Revista Brasileira de Ensino de Física / Sociedade Brasileira de Física.** v.26, n.4 (out.2004), p.293-295

PERAFÁN, Gerardo Andrés. **La epistemología del profesor sobre su propio conocimiento profesional**. Bogotá (Colômbia): Universidad Pedagógica Nacional, 2004.

PEREIRA, Ozimar da Silva. **Raios cósmicos: introduzindo Física moderna no 2º grau**. São Paulo: Instituto de Física e Faculdade de Educação - USP, 1997. Diss. maestr. Ensino de Ciências.

PERRENOUD, Philippe. **Dez novas competências para ensinar**. Trad. Patrícia C. Ramos. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 2000.

PIAGET, Jean. **Estudos sociológicos**. Rio de Janeiro: Forense, 1973.

PIETROCOLA, Maurício. (organizador). **Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora**. Florianópolis: Editora da UFSC, 2001.

_____. **Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio**. Joinville – SC: V Semana da Física na UDESC, 2005. Apresentação 37 slides, color.

PINTO, Alexandre Custódio; ZANETIC, João. É possível levar a Física Quântica para o ensino médio? **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 16, n. 1: p. 7-34, abr. 1999.

PINTO, Neusa Bertoni. Saberes Docentes e Processos Formativos. *In: Revista Diálogo Educacional*. v. 2, n. 3. Curitiba: Programa de Pós-Graduação em Educação – PUCPR, 2001. p. 43-57.

PONTES, Elicio. **Ambientes virtuais de aprendizagem cooperativa**. Disponível em <www.revistaconecta.com/conectados/elicio_ambientes.htm> Acesso em 16/01/2007.

PORTELA, Patrícia de Oliveira. **Apresentação de trabalhos acadêmicos de acordo com as Normas de Documentação da ABNT: informações básicas** / Patrícia de Oliveira Portela. – 2004.

PRETTO, Nelson; BONILLA, Maria Helena. Sociedade da Informação: democratizar o quê? **Jornal do Brasil**, 22/02/2001, seção Internet.

PPP/LFSC - Projeto Político Pedagógico do Curso de Licenciatura Plena em Física da UFSC. Florianópolis: CFM, 2002. Disponível em <<http://www.fsc.ufsc.br/ensino/cursodegraduacaoemfisica/cursodelicenciaturaemfisica/cursodelicenciaturaemfisica.html>> - Acesso em abril/2007.

REZENDE, Flávia et al. Interage: um ambiente virtual construtivista para formação continuada de professores de Física. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v.20, n.3: p. 372-390, dez. 2003.

REZENDE JR., Mikael Frank. **Fenômenos e a introdução de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio**. Programa de Pós-Graduação em Educação – UFSC, Florianópolis, 2001. Dissertação de Mestrado.

_____. **O processo de conceitualização em situações diferenciadas na formação inicial de professores de Física.** Florianópolis, 2006. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica

RHEINGOLD, Howard. **A comunidade virtual.** Lisboa: Gradiva, 1997.

ROSA, Cleci W. da; ROSA, Álvaro B. da. Ensino de Física: objetivos e imposições no ensino médio. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, vol. 4, n. 1 (2005). Disponível em http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen4/ART2_Vol4_N1.pdf. Acesso em 26/04/2007.

ROSA, Sanny S. **Construtivismo e Mudança.** São Paulo: Cortez Editora, 1994.

ROSA, Paulo R. da Silva. O que é ser professor? Premissas para a definição de um domínio da matéria na área do ensino de Ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. vol 16, n. 2, Depto. Física, UFSC:1999.

SANTA CATARINA. Coordenadoria Geral de Ensino. **Proposta curricular de Santa Catarina: Educação Infantil, Ensino Fundamental e Ensino Médio: disciplinas curriculares.** Florianópolis: COGEN, 1998.

_____. Secretaria de Estado da Educação, Ciência e Tecnologia. **Proposta Curricular de Santa Catarina: Estudos Temáticos.** Florianópolis: IOESC, 2005.

SCHOENFELD, Alan H. Toward a theory of teaching-in-context. **Issues in Education**, Volume 4, Number 1, 1998, pp. 1-94. Disponível em <<http://www-gse.berkeley.edu/faculty/AHSchoenfeld/AHSchoenfeld.html>> acesso em 10/mai/2006.

SEVERINO, Antônio Joaquim. **Metodologia do trabalho científico.** São Paulo: Cortez, 2002.

SHULMAN, Lee S. **Knowledge and teaching: Foundations of the new reform.** Harvard Educational Review nº 1, vol. 57, febr.1987, p. 1-22.

SILVA, Luis César Kreps da. **O uso da internet como auxílio da prática docente.** Florianópolis, 2003. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção.

SILVA, Walkíria Reche. **Inserção de tópicos da nova Física da estrutura da matéria no ensino médio: uma proposta.** Dissertação de mestrado, 2002. Instituto de Física – Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, São Paulo.

SOUZA, Carlos A.; de BASTOS, Fábio da Purificação; ANGOTTI, José André P. As mídias e suas possibilidades: desafios para o novo educador. In: **Prática de Ensino de Física.** Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância, 2001.

STANNARD, Russel. **Modern physics for the young**. Physics Education, Bristol, v. 25, n. 3, p. 133, May 1990.

STEFANEL, Alberto. Una experiencia en el marco de la introducción de la física cuántica en la escuela secundaria. **Revista de Enseñanza de la Física**, Rosário, v. 11, n. 2, p. 35-44, nov. 1998.

_____ et al. Quantum Mechanics in Secondary School. **Friulan Journal of Science – researches**, 3, 2003, p.9-19 – ISBN 88-8420-119-5

STUDART, Nelson. Editorial. **Revista Brasileira de Ensino de Física / Sociedade Brasileira de Física**. v.23, n.3 (set.2001)

TARDIF, Maurice. **Saberes docentes e formação profissional**. 2ª ed. Petrópolis: Vozes, 2002.

TERRAZAN, Eduardo A. A inserção da 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.

_____. **Perspectivas para a inserção de Física moderna na escola média**. 1994. Tese (Doutorado em Educação) Faculdade de Educação – USP, São Paulo.

VALADARES, Eduardo de Campos; CHAVES, Alaor S.; ALVES, Esdras Garcia. **Aplicações da Física quântica: do transistor à nanotecnologia**. 1ª ed. – São Paulo: Editora Livraria da Física, 2005. (Temas atuais de Física)

VALADARES, Eduardo de Campos, MOREIRA, Alysson Magalhães. Ensinando Física moderna no segundo grau: efeito fotoelétrico, laser e emissão de corpo negro. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 15, n. 2, p. 121-135, ago. 1998.

VEIT, Eliane Ângela; THOMAS, Gilberto; FRIES, Suzana Gomes; AXT, Rolando e SELISTRE, Liége Fonseca. O efeito fotoelétrico no 2º grau via microcomputador. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 4, n. 2, p. 68-88, ago 1987.

VILLANI, Alberto. O currículo de licenciatura em Física I. Diretrizes. **Revista Brasileira de Ensino de Física** – vol. 10 n. 1 – SBF, São Paulo: 1988.

_____; FREITAS, Denise. Análise de Uma Experiência Didática na Formação de Professores de Ciências. **Revista Investigações em Ensino de Ciências** – vol. 3 n. 2 – IF-UFRGS, Porto Alegre: 1998.

_____; PACCA, Jesuína L. A.; FREITAS, Denise. **Formação de professores de Ciência no Brasil: tarefa impossível?** Atas VIII ENPEF, Águas de Lindóia – SP, 2002.

WESTPHAL, Murilo. **A formação pedagógica no curso de licenciatura em Física da UFSC e a prática docente dos egressos desse curso**. Florianópolis,

2006. 259 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica

WUO, Wagner. **A Física e os livros: uma análise do saber físico nos livros didáticos adotados para o Ensino Médio**. São Paulo: EDUC - FAPESC, 2000.

ZANETIC, João. **Física também é cultura**. Tese de Doutorado. Faculdade de Educação - USP, São Paulo: 1989.

ZYLBERSZTAJN, Arden. Concepções Espontâneas em Física: Exemplos em Dinâmica e Implicações para o Ensino. **Revista Brasileira de Ensino de Física / Sociedade Brasileira de Física**. v.5, n.1 (1983), p.3-16.

ANEXOS

Anexo I – Questionário aplicado durante minicurso da VI SEPEX**VI SEPEX – Semana de Ensino, Pesquisa e Extensão da UFSC**

Minicurso: **NANOREISEN – Uma viagem ao mundo do muito pequeno...**

Ministrante: **Vanderlei André Cima**

Data: **18/05/2007 Horário: 08:00 – 12:00 Local: Sala 66 – CFM - UFSC**

INSTRUMENTO DE AVALIAÇÃO

Caro(a) participante...

Este questionário serve como instrumento para avaliação da proposta apresentada durante o minicurso. As informações prestadas serão utilizadas para o aprimoramento da proposta e como elemento de análise para pesquisa de mestrado que está sendo conduzida pelo ministrante.

Eu, _____, declaro estar devidamente informado e esclarecido sobre o conteúdo deste questionário, expressando assim meu consentimento em participar desta pesquisa.

Assinatura

1. Você atua como professor(a) de Física? Se a resposta for positiva, atua na rede pública e/ou privada? Há quanto tempo leciona? Qual sua formação acadêmica?
2. Na sua opinião, qual o objetivo da Física que se ensina no Ensino Médio? Justifique sua resposta.
3. Na atual realidade da Física no Ensino Médio, há espaço para temas de Física Moderna e Contemporânea? Justifique sua resposta.
4. Em sua opinião, que tipo de argumento pode ser utilizado para justificar a inserção de temas de Física Moderna e Contemporânea para os estudantes do Ensino Médio?
5. Sua formação acadêmica fornece os elementos necessários para a abordagem de tópicos ou temas de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio? Justifique a resposta.
6. Antes deste minicurso você já possuía algum conhecimento sobre NANOCIÊNCIA? Indique a fonte das informações que já possuía.
7. Faça uma avaliação da proposta didática apresentada no minicurso, com críticas e contribuições. A proposta apresentada é viável em relação aquilo que se propõe?
8. Quais conceitos físicos você considera importante tratar dentro do tema Nanociência e que não foram apresentados no minicurso?
9. Qual seria o formato de uma oficina para professores que viabilizasse um processo de formação em relação ao tema apresentado no minicurso?
10. Use este espaço para apresentar suas considerações gerais sobre o minicurso e sobre a proposta de abordagem do tema NANOCIÊNCIA E SUAS IMPLICAÇÕES.

Anexo II – Carta de aceite do curso de formação de professores

Universidade Federal de Santa Catarina
Centro de Ciências Físicas e Matemáticas
Departamento de Física

Florianópolis, 04 de junho de 2007

A Sra. Silvane Dalpiaz do Carmo
Secretaria Municipal de Educação Prefeitura de Florianópolis

Ref: Curso de formação continuada para professores de Ciências

Sra. Silvane,

Segue anexo versão preliminar do detalhamento das atividades do curso de formação continuada em Ciências para professores de Ciências no Ensino Fundamental da rede pública de Florianópolis.

O curso proposto tem carga horária total de 32 horas-aula e está dividido em duas partes:

- 1- "Atividades experimentais no ensino de Ciências", com 24 horas-aulas dedicadas à realização de atividades experimentais do portfólio do Baú de Ciências. sob minha responsabilidade. Neste módulo seriam realizadas três a quatro experimentos por sessão, com materiais de baixo custo, sobre equilíbrio, forças, flutuação, oscilações e ressonâncias, transmissão do calor, luz e cores, eletricidade e magnetismo.
- 2- "Viagem ao mundo do muito pequeno", com 8 horas-aula, sob responsabilidade do prof. Vanderlei André Cima. Neste módulo serão apresentados tópicos relacionados às possibilidades didáticas da nanotecnologia para o ensino de Ciências no Ensino Fundamental, que incluem a construção de equipamentos didático-pedagógicos com materiais de baixo custo e utilização extensiva de recursos audio-visuais.

Nossa proposta é que os cursos sejam realizados às 3as. feiras entre as 8:00 e as 12:00 nos dias 07/08, 14/08, 28/08, 11/09, 25/09, 09/10, 30/10 e 06/11. De nossa parte, não há restrições para a mudança de datas, o que fica a seu critério.

Nossa preferência é que o curso seja realizado nas dependências do Baú de Ciências no Departamento de Física da UFSC, onde já contamos com infra-estrutura apropriada para receber até 20 professores. A realização do curso em dependências da Secretaria da Educação pode, entretanto, ser objeto de negociação.

Sem mais, aguardo sua manifestação e coloco-me a disposição para esclarecimentos que julgar necessários.

Atenciosamente,

Prof. Nelson Canzian da Silva
Depto de Física - UFSC

APÊNDICE

Apêndice I – Resumo da Proposta Didática: Nanociência e suas implicações

(Proposta completa com anexos disponíveis em formato digital - CD de Apoio - deste trabalho)

Atividade 1 - Do macro para o pequeno, micro, nanomundo...

Primeira parte

Objetivos: Fornecer aos alunos um maior entendimento sobre medidas físicas, utilizando instrumentos como réguas e balanças que seguem padrões estabelecidos internacionalmente. Utilizar as medidas obtidas para elaborar gráficos e, a partir destes, extrair informações como o coeficiente angular, elemento importante para a determinação de regularidades e constantes físicas. A partir disto, os alunos podem compreender as extrapolações que são feitas para as medidas microscópicas que chegam até as dimensões atômicas, passando pela escala nanométrica.

Material utilizado para cada grupo de alunos: pelo menos 4 (quatro) tubos de ensaio ou béqueres de tamanhos diferentes (de 10 ml a 600 ml) e numerados, cordão ou barbante, tesoura, régua flexível (que pode ser uma fita de papel milimetrado graduada), água, balança de precisão (0,5 g), cilindro graduado de 100 ml, 50 canudos plásticos (daqueles usados para tomar refrigerante). Os tubos e béqueres podem ser substituídos por outros objetos cilíndricos, como garrafas “pet” de diferentes capacidades (250 ml, 500 ml, 1000 ml, 2000 ml).

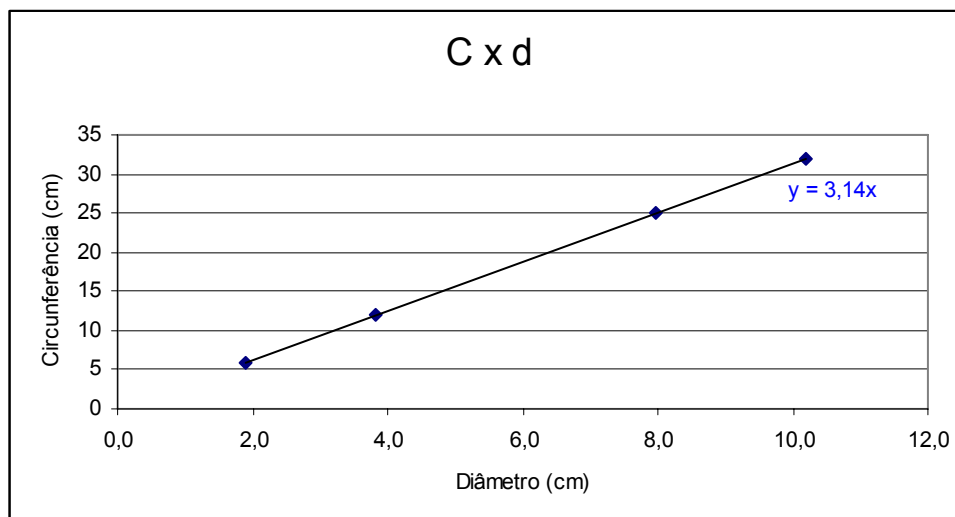
Procedimento

Os alunos podem se divididos em pequenos grupos, com um máximo de 5 componentes. Construir uma tabela que contenha:

Capacidade do Béquer/frasco (ml)	Diâmetro - d (cm)	Circunferência - C (cm)

Usar a régua para medir o diâmetro do tubo e o tamanho da circunferência. Conduzir os alunos até a construção de um gráfico $C \times d$. A partir do gráfico, traçar a melhor reta e encontrar o coeficiente angular.

Importante: é necessário discutir um pouco sobre as unidades de medidas. Um bom exercício seria converter as tabelas para as unidades usadas no Sistema Internacional de Unidades (SI), ou seja, de centímetro para metro, de mililitro para centímetro cúbico e assim por diante, conforme a necessidade. Maiores detalhes sobre as unidades de medida podem ser obtidas diretamente na página o INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – no endereço eletrônico <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/unidLegaisMed.asp>>.



A equação do gráfico utilizado como exemplo (com medidas fictícias) onde $y = C$ e $x = d$ mostra que o coeficiente angular é 3,14, que deve se aproximar da medida obtida pelos alunos. Cabe ressaltar que a melhor reta é que determinará o valor do coeficiente angular e que a ação de traçá-la, por si só, representa uma *abstração* que reflete a busca pelo estabelecimento de uma regularidade em processo, neste caso, a relação entre duas medidas da circunferência. Vale a pena destacar isto para os alunos.

Após obter experimentalmente o valor de π (π), deve-se proceder a dimensão do erro frente ao valor estabelecido para esta constante – 3,141592.

$$E = \left| \frac{3,141592 - \text{valor experimental}}{3,141592} \right| \cdot 100 = \% \text{ erro}$$

Questões a serem respondidas pelos alunos:

1. Observado o valor encontrado no erro, quais as formas de reduzir este erro?
2. Com base no gráfico, é possível prever novos valores para o diâmetro de outras circunferências conhecidas? Explique.
3. Uma relação direta implica em um comportamento semelhante entre duas variáveis (Ex.: quando uma aumenta, a outra também aumenta). Uma relação inversa torna as variáveis opostas (Ex.: quando uma aumenta, a outra diminui). Com base na resposta da questão 2, que tipo de relação há entre o comprimento e o diâmetro de uma circunferência?
4. Usando o seu gráfico, qual seria o tamanho de uma circunferência cujo diâmetro é 20,0 cm? Explique como você chegou a essa conclusão.

Segunda Parte

1. Utilizando os mesmos béqueres da Parte 1 e a balança de precisão, medir a massa dos frascos vazios e anotar na tabela abaixo.
2. Utilizando o cilindro graduado, adicionar certo volume de água em cada béquer, registrando o valor na tabela. Adicionar DIFERENTES volumes de água a cada béquer, sem preenchê-lo completamente.
3. Medir nova a massa do béquer, agora contendo água, registrando os valores na tabela.
4. Medir e registrar a altura da coluna de água em cada béquer.

Massa do béquer vazio (g)	Volume de água adicionado ao béquer (ml)	Massa da água + massa do béquer (g)	Altura da coluna de água dentro do béquer (cm)

5. Diminuir da massa final do béquer com água a massa do béquer vazio, encontrando assim somente a massa de água colocada em cada frasco. Anotar na tabela a seguir:

Capacidade do Béquer (ml)	Massa de água adicionada (g)

A etapa seguinte envolverá o cálculo do volume de água adicionado a cada frasco. Utilize as medidas efetuadas na primeira etapa da atividade.

Considerar que o volume de água em cada béquer pode ser obtido calculando-se a área da base e multiplicando o valor encontrado pela altura da coluna de água, medido anteriormente. Por se tratar de uma circunferência, a área é obtida pela expressão:

$$A = \pi \cdot r^2$$

Capacidade do Béquer (ml)	Diâmetro (cm) medido na Parte 1	Raio do béquer (cm)	Área da base (cm²)	Cálculo do volume de água (cm³)

No próximo passo o aluno irá calcular a taxa de erro entre valor medido e valor calculado relativo ao volume de água em cada frasco, utilizando a seguinte expressão:

$$\% \text{ diferença} = \left| \frac{\text{valor calculado} - \text{valor medido}}{\text{média entre os valores}} \right| \cdot 100$$

Este percentual de diferença é relativo ao processo de medida e não é um cálculo de erro entre medidas, pois não há uma medida de referência. Faça os cálculos para todos os frascos.

Terceira Parte

Calcular a densidade da água, com base nos valores previamente obtidos. Novamente, a análise gráfica surge para uma melhor compreensão.

O conceito de densidade está relacionado com a quantidade de massa distribuída em um determinado volume, se apresentando como característica do material envolvido no processo de medida. Como já foram obtidas as medidas da massa e do volume, basta plotar um gráfico $m \times V$, obtendo deste o coeficiente angular...

$$\rho = \frac{m}{V}$$

O valor obtido deve se aproximar do valor tabelado para a densidade da água – 1,0 g/cm³. A partir deste valor pode ser obtido o erro percentual em relação ao valor encontrado experimentalmente:

$$E = \left| \frac{1,0 - \text{valor experimental}}{1,0} \right| \cdot 100 = \% \text{ erro}$$

Quarta Parte

Por fim se chega aos tubos, ainda macroscópicos, mas que permitirão o entendimento das estruturas nanométricas que estarão em debate logo depois...

- Pegue um dos canudos plásticos, coloque-o sobre uma superfície plana e meça seu tamanho com a régua. Repita o procedimento para mais 4 canudos, anotando os dados na tabela:

Canudo	Medida em centímetros
1	
2	
3	
4	
5	
Média	<i>(soma dos valores / 5)</i>

Um centímetro representa a centésima parte de um metro (1/100 metros). Ou seja, para converter uma medida de centímetros para metros é necessário dividir o valor encontrado por 100.

Converta os valores da tabela anterior para metros:

Canudo	Medida em METROS
1	
2	
3	
4	
5	
Média	<i>(soma dos valores / 5)</i>

Para calcular...

Considerando que você tem 50 canudos e que cada um mede, em média, o valor encontrado na tabela acima, quantos metros teriam os 50 canudos somados? Quantos canudos iguais aos seus seriam necessários para formar uma torre de 1.000.000.000 (um BILHÃO) de metros? Um bilhão de metros também é chamado de UM GIGAMETRO, o mesmo prefixo usado nos GigaHertz dos computadores...

Pensando um pouco mais, quando dinheiro você gastaria para comprar todos os canudos necessários para sua torre de UM GIGAMETRO???

Prefixo Grego	Notação Exponencial	Magnitude do número
Exa-	10^{18}	1.000.000.000.000.000.000
Peta-	10^{15}	1.000.000.000.000.000
Tera-	10^{12}	1.000.000.000.000
Giga-	10^9	1.000.000.000
Mega-	10^6	1.000.000
Kilo-	10^3	1.000
*METRO	10^0	1
Mili-	10^{-3}	0,001
Micro-	10^{-6}	0,000001
Nano-	10^{-9}	0,000000001
Pico-	10^{-12}	0,0000000000001
Femto-	10^{-15}	0,0000000000000001
Atto-	10^{-18}	0,0000000000000000001

* Foi utilizado o METRO apenas como exemplo.. As outras grandezas também utilizam os mesmos prefixos gregos. Ex.: megahertz, quilograma, gigavolts, ...

A tabela anterior deve ser apresentada aos alunos...

Pode ser apresentado o texto de apoio 1 (*Mais resistente que o aço, mais duro do que o diamante* – disponível na versão digital). Após a leitura do texto pelos alunos, fazer uma breve discussão sobre novos materiais e discutir a dimensão dos nanofios, que está informada no texto⁸⁸. Perguntar aos alunos:

Se fosse feita uma fileira com canudos, colocando um ao lado do outro, quantos seriam necessários para preencher um espaço correspondente a 1 metro? Da mesma forma, quantos nanofios seriam necessários para preencher a mesma distância?

Discutir os resultados, avaliando o cálculo com notação científica.

⁸⁸ Um repositório de novas notícias que podem servir para discussão em sala está disponível na rede, através do endereço <<http://www.inovacaotecnologica.com.br/index.php>>.

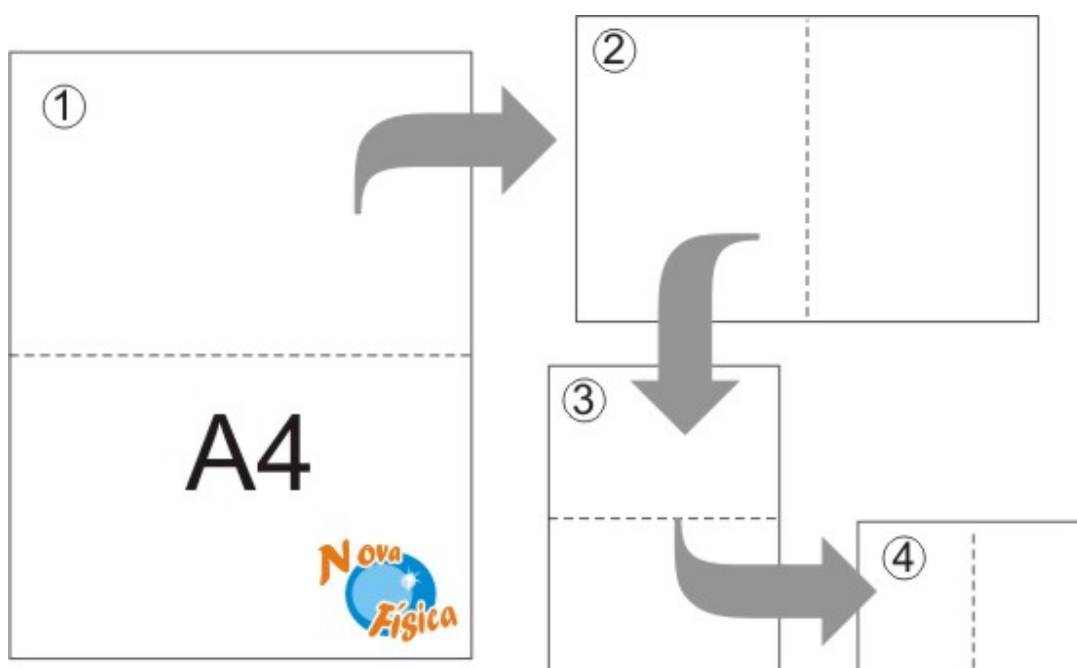
Sugestão de atividades suplementares

Qual o tamanho de um ÁTOMO???

Material necessário: folhas de papel A4 ou Ofício, algumas tesouras, régua milimetrada.

Etapas: entregar para cada aluno uma folha de papel A4. Distribuir entre os alunos algumas tesouras e régua. Pedir para que cada aluno dobre a folha ao meio, efetuando um corte sobre a marca da dobra.

IMPORTANTE: alguns alunos farão o corte utilizando a tesoura, outros utilizando a régua e os demais devem fazer o corte sem utilizar tesoura ou régua, simplesmente rasgando o papel com as mãos. Em uma das metades, repetir o procedimento anterior, ou seja, dobrar ao meio e cortar, com a tesoura, régua ou com a mão. O aluno que iniciar com a tesoura deve continuar o mesmo procedimento até o fim, assim como os demais. A repetição do procedimento (dobrar ao meio e cortar) deve ser levada ao limite, até que reste um pedaço tão pequeno que não possa mais ser dividido. Os alunos que fizeram a atividade com a tesoura devem obter pedaços menores que os outros, conseguindo efetuar 15 ou 16 divisões consecutivas.



O menor pedaço de papel será medido e deverá estar na ordem de milímetros (10^{-3} m). A dimensão atômica é da ordem de angstroms (10^{-10} m - Å), ou seja, em um milímetro cabem pelo menos 10.000.000 de átomos. Isto deve ser apresentado aos alunos. Se continuássemos a dividir ao meio o menor pedaço de papel por mais 19 ou 20 vezes chegaríamos a uma escala onde a “tira” de papel teria a largura de poucos átomos. Seria possível então “enxergar” os átomos que compõem o papel sulfite (carbono, oxigênio, hidrogênio, nitrogênio, sódio, enxofre, etc.). Sem dúvida uma atividade interessante.

Recursos multimeios

Explorar alguns endereços na rede que possibilitem dimensionar o tamanho das coisas, por contraste ou comparação. Dois sítios assumem destaque:

- Powers Of Ten - <http://micro.magnet.fsu.edu/primer/java/scienceopticsu/powersof10/>
- Nanoraisen (Viagem ao Nano Mundo) - <http://www.nanoreisen.de/>

Um roteiro de perguntas exploratórias sobre os endereços visitados pode ser construído, direcionando o trabalho sem prejuízo dos aspectos mais lúdicos e investigativos proporcionados pela integração midiática computacional.

Exemplos de perguntas:

- Qual a diferença de escalas entre a imagem onde se visualiza as rotas dos planetas no sistema solar (10^{+13}) e a imagem do planeta Terra (10^{+8})?
- Em termos de dimensão, qual o tamanho de uma folha? ($10^{-1} = cm$)
- Qual o tamanho de uma célula? E de um átomo???
- Se forem comparados os dois sítios, é possível identificar diferenças entre os tamanhos (escalas) informados? Quais são estas diferenças?
- No sítio Nanoreisen, pesquise informações sobre a composição de um transistor e os fatores que determinar a passagem da corrente elétrica...

GALERIA DOS GRANDES E PEQUENOS

Pode ser criada uma atividade, no estilo WebQuest⁸⁹, para que os alunos pesquisem sobre os maiores e os menores objetos construídos pelo homem... O produto final pode ser um vídeo, um painel ou até mesmo materiais para Internet (página, blogs, fotologs).

⁸⁹ Mais detalhes em <<http://www.novafisica.net/webquest>>

ATIVIDADES INTERMEDIÁRIAS - Conceitualização

Do que nós somos feitos?

Primeira Parte: Historicidade

Depois da atividade inicial, que permite aos alunos ter uma noção sobre escalas, trabalhar o conceito de átomo historicamente construído... Explorar as concepções dos alunos sobre o átomo.

Promover uma investigação no formato WebQuest sobre a história do conceito de átomo, desde a Grécia Antiga até as mais recentes descobertas da Física de Partículas. A pesquisa, usando recursos de internet, pode ser conduzida a partir do modelo proposto no endereço <http://novafisica.net/webquest/atomo/index.htm>. A idéia, neste ponto, é que os alunos produzam em conjunto um material (página da Web, cartaz, painel, ...) que sintetize os tópicos pesquisados. Um resumo escrito também é interessante, de forma que possa ser compartilhado por todos os alunos, além de servir como registro para avaliação. A grande maioria dos livros de Química para o Ensino Médio possui capítulos que versam sobre a evolução do conceito de átomo e podem servir como referência para consulta, além do que mostram a proximidade que existe com a Física.

Ações para sistematização: Após fazer o resgate histórico, partir para a discussão do surgimento da Física Quântica, reforçando a compreensão sobre o modelo de Bohr para o átomo.

Segunda Parte: A quantização

Mostrar a importância da análise por medida indireta, os **espectros atômicos**, que não comportavam explicação pelo eletromagnetismo clássico do século XIX, comentando brevemente sobre a crise gerada por esta lacuna e a necessidade de buscar novas teorias.

Aqui pode ser utilizado um espectrômetro caseiro, feito com tubo de PVC ou papelão e pedaço de CD. O projeto de construção está disponibilizado no material de apoio sobre Atividades Experimentais. O instrumento pode ser construído pelos alunos, em uma aula, ou previamente elaborado pelo professor e somente utilizado na aula. Para melhor aproveitamento, é sugerido que se utilize o instrumento para a observação de fontes de luz diferentes (observação indireta do sol, de lâmpadas incandescente, fluorescente, vapor de mercúrio ou sódio, lâmpadas de luz negra, leds iluminadores, entre outras possibilidades que a escola possuir ou que sejam passíveis de aquisição...). O efeito visual é intrigante e deve gerar discussões no grupo. O professor conduz a aula, explicando que o fenômeno da difração da luz foi explicado, inicialmente, pela teoria ondulatória⁹⁰.

⁹⁰ Ver nos anexos o procedimento para construção de um espectrômetro. Junto com o procedimento há um texto explicativo sobre o fenômeno da difração.

Este momento pode ser o início de um processo para entendimento do fenômeno tipicamente ondulatório e com explicações advindas do comportamento quântico da matéria: a difração. Explicar porque surgem raias luminosas permitirá discutir os limites da interação da radiação com a matéria, partindo do ponto em que se define que as tais raias somente surgem quando encontram barreiras de tamanhos similares aos comprimentos de onda da radiação incidente. O conceito de “comprimento de onda” precisará ser compreendido. A própria natureza da luz pode (e deve!) ser questionada. Mais adiante a discussão deve ser retomada, remetendo para as novas técnicas que se utiliza como forma de “enxergar” coisas bem menores que o “tamanho” do comprimento de onda da luz. Os feixes eletrônicos, por exemplo, conseguem interagir com obstáculos da ordem de dezenas de nanômetros. Os limites da difração e as implicações no poder de resolução da luz visível surgem para explicar a opção por instrumentos eletrônicos quando se trata de Nanociência e precisam ser bem explorados. A contradição entre a teoria e a prática experimental atesta a construção de uma nova teoria aplicável aos fenômenos atômicos. Os fenômenos que ocorrem com partículas de massa muito pequena e em regiões muito pequenas do espaço, exige um caminho diferente, onde as leis e as idéias clássicas sustentadas até o início do século XX devem ser, no mínimo, reordenadas. O ponto de partida para esclarecer esta troca de mentalidade científica na Física indica para a dedução das leis que regem a mecânica atômica. O fenômeno observado e chamado de difração de elétrons gera perturbação. Na verdade, este fenômeno foi descoberto depois de criada a teoria da mecânica quântica: se fizermos passar um feixe homogêneo de elétrons através de um prisma, o que se observa é uma figura constituída de máximos e mínimos de intensidade variável que se sucedem entre si, análoga à figura que se obtêm na difração das ondas eletromagnéticas. Esse comportamento, por si só, justifica uma abordagem conceitual dentro desta proposta.

Mais em frente, uma provável seqüência é a discussão sobre o modelo atômico sistematizado por Niels Bohr, que já permitia explicar o aparecimento das raias definidas no espectrômetro.

Falar sobre o modelo atômico de Bohr é uma das formas de ampliar o entendimento sobre os níveis de energia e a quantização... Os fótons de Einstein ganham espaço... Também é válida a breve diferenciação entre espectros de absorção e emissão. É possível utilizar imagens obtidas na Web para mostrar o espectro de alguns elementos e a importância desse estudo para ramos da Física como a Astronomia (apoio em http://www.if.ufrgs.br/fis02001/aulas/aula_espec.htm ou http://www.ifi.unicamp.br/~waslmm/Oficinala_arquivos/frame.htm). Importante esclarecer que os elétrons dos elementos químicos fazem certas transições, emitindo luz (ou fótons) de frequência bem definida. Somente uma mistura de muitas frequências pode gerar o contínuo.

Mostrar e discutir o espectro eletromagnético. Destacar regiões onde a radiação pode ser tratada como partícula (altas energias acima da faixa do ultravioleta...).

Há um vídeo no CD de apoio, com duração de aproximadamente 15 minutos, que trata especificamente sobre o “Átomo de Bohr”... Cabe ao professor decidir se utilizar o vídeo como introdução ou como fechamento...

Neste ponto também é possível justificar a inserção de uma nova unidade de medida de ENERGIA – o **eletron-volt (eV)**. Associado aos “saltos quânticos” que os elétrons realizam quando pulam de uma órbita para outra está a liberação de energia quantizada, correspondente ao fóton emitido ou absorvido. Um eletron-volt (eV) corresponde à energia adquirida pelo elétron quando submetido a uma diferença de potencial de um Volt. Da mesma forma, corresponde ao trabalho realizado sobre uma carga elétrica fundamental, de forma que:

$$W = q \cdot \Delta V$$

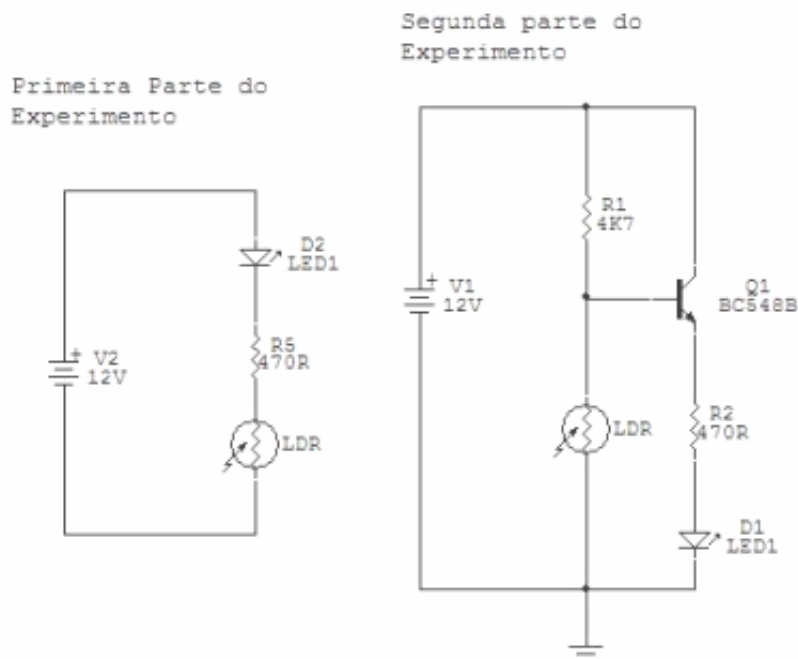
$$W = (-1,6 \times 10^{-19} \text{ C}) \cdot (-1 \text{ V}) = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

Ou seja:

$$1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

A utilização da nova unidade de medida será importante para entender outros processos que envolvem partículas atômicas ou subatômica, seja no dimensionamento das energias envolvidas nos processos realizados em aceleradores de partículas ou mesmo no entendimento da estrutura das ligações químicas (energias de ligação).

Assim é possível seguir, contextualizando as contribuições para a criação do modelo atômico da mecânica quântica e a importância das teorias da complementaridade e da probabilística... O caráter dual da radiação eletromagnética deve ser destacado. As incertezas nas medidas também devem ser citadas e discutidas novamente. Remete às atividades desenvolvidas no início da proposta.



Esquema 1 - Efeito fotoelétrico

Efeito Fotoelétrico

O esquema 1 (anterior) permite a construção de um aparato experimental que demonstra o efeito fotoelétrico⁹¹. Os componentes são facilmente encontrados em lojas do ramo e o são de baixo custo (resistores, diodos, LDR, transistor). Pode ser montado sobre uma placa e madeira ou de circuito impresso. Necessita de uma fonte externa de luz, como uma lanterna ou apontador laser. Pode ser utilizado na explicação do funcionamento dos acionadores de lâmpada da iluminação pública.

⁹¹ Contribuição do Aluno Daniel Henrique C. de Souza, apresentada durante aula de Metodologia e Prática de Ensino do semestre 2006/2 na UFSC.

Estranho mundo das Partículas Fundamentais

Um possível aprofundamento do assunto que envolve a quantização da radiação eletromagnética, visível ou não, remete para o mundo da sub-partículas atômicas. A indicação do tópico encontra algumas justificativas, entre as quais se pode citar a atualização do conhecimento físico e a dinamicidade que a Ciência possui. Mesmo que se assuma o tema com caráter mais informativo, vale a pena compartilhar um conhecimento novo e inacabado, mas instigador. Hoje se sabe que prótons e nêutrons, arremessados uns contra os outros, partem-se e originam pedaços ainda menores... Nasceram os Quarks, de Gel-Mann e outros estranhos “seres” do mundo subatômico. Um quadro sinóptico sobre Partículas Fundamentais é encontrado em http://www.ced.ufsc.br/men5185/trabalhos/14_particulas_fundamentais/index.htm. Podem ser discutidas questões relativas às cargas elétricas (conservações), propriedades das interações entre átomos, a existência e utilização da anti-matéria (lembrando dos modernos tomógrafos por emissão de pósitrons!), entre outros “cultivares” do grande jardim. A relação entre estes conhecimentos e o advento das possibilidades da nanociência é muito estreita.

É desta forma que se defende que os alunos serão, ao menos, apresentados ao mundo das partículas fundamentais. Pode-se explorar, semanticamente, as novas representações desde mundo imperceptível aos olhos⁹². Como ainda não se chegou ao fundo do poço, é possível reforçar a idéia de Ciência em transformação, processo dinâmico na busca pelo conhecimento até certo ponto descompromissado com aplicação imediata em novos dispositivos tecnológicos.

Além disso, desde o advento das teorias quânticas do início do século XX se sabia que o comportamento do mundo atômico era governado por novas leis que desafiavam a lógica do mundo macro que vivemos. Seguramente a mecânica newtoniana não poderia prover explicação para os estranhos fenômenos que aconteciam quando feixes de luz eram arremessados em direção a fendas estreitas (da ordem de nanômetros), formando estranhas regiões claras e escuras, o mesmo comportamento observado nas ondas mecânicas... Mais estranho ainda era o fato de que, ao substituir a luz por um feixe de elétrons, o fenômeno da interferência se mostrava presente, a menos que se tentasse observar ou medir a passagem dos elétrons pela fenda... A tentativa de medida simplesmente fazia desaparecer o fenômeno... O mundo atômico insiste em promover comportamentos que até agora ainda não podemos explicar bem, apesar dos inúmeros sucessos das teorias que compõem a Mecânica Quântica... A simulação computacional com o experimento da fenda dupla é a sugestão neste momento. Também pode ser feita a difração utilizando um fio de cabelo e uma caneta laser. Novamente, cabe discutir a natureza da radiação eletromagnética. Ver simulações interativas em: <http://www.colorado.edu/physics/2000/index.pl> (acessar o link Atomic Lab – Interference Experiments). Sugere-se a discussão do vídeo sobre a dupla fenda protagonizado pelo Dr. Quantum. Este material está disponível na rede Web em vários endereços:

- <http://www.youtube.com/watch?v=QKF-tvRV6AI>

- <http://www.fisicainterativa.com/>

⁹² Fica a sugestão da obra “O discreto charme das Partículas Elementares”, de Maria Cristina Abdalla – Editora da UNESP, como leitura complementar e referência de consulta.

- <http://www.berm.co.nz/cgi-bin/video/play.cgi?lytd7B0WRM8>

Observação: o vídeo da Dupla Fenda merece atenção, pois apresenta problemas em relação às analogias apresentadas. Em um dado momento o fóton parece ter personalidade própria, escolhendo uma das fendas para passar e destruindo, assim, o padrão de interferência no anteparo. Fica a impressão que a questão da medida, ponto crucial no entendimento dos processos quânticos, pode ter sido reduzida ou simplesmente desprezada. É um ponto que pode promover uma discussão interessante para discutir as divergências de opinião e os limites das analogias para este estudo.

Como podemos ver o mundo atômico???

Neste tópico se vislumbra a possibilidade de discutir os limites da visão humana e os instrumentos utilizados para ampliar nossa capacidade de enxergar. Entram em cena os microscópios⁹³ e as outras técnicas desenvolvidas para “ver” o mundo atômico.

Podem ser destacados os seguintes tópicos:

- História da microscopia: enfoque na Biologia e as necessidades de enxergar células e organismos muito pequenos.
- Tipos de microscópios: passando da microscopia óptica para a eletrônica, ressaltando que a diferença básica se encontra no poder de resolução do equipamento. O tipo de radiação utilizado (luz visível ou feixe de elétrons) determina a capacidade de “ver” os minúsculos objetos. No estudo dos materiais três tipos de microscopia são utilizados em grande extensão: microscopia óptica (MO), microscopia eletrônica de varredura (MEV) e microscopia eletrônica de transmissão (MET). Em menor extensão, mas em uma faixa exclusiva de alto aumento e excelente resolução, encontra aplicação a microscopia de campo iônico (MCI) e os microscópios de tunelamento. Deve-se destacar que essas técnicas são complementares e cada uma delas tem seu campo específico de aplicação.

Especificidades

Microscópio de varredura⁹⁴ (MEV)– O microscópio eletrônico de varredura (MEV) é um equipamento capaz de produzir imagens de alta ampliação (até 300.000 x) e resolução. As imagens fornecidas pelo MEV possuem um caráter virtual, pois o que é visualizado no monitor do aparelho é a transcodificação da energia emitida pelos elétrons, ao contrário da radiação de luz a qual estamos habitualmente acostumados.

O princípio de funcionamento do MEV consiste na emissão de feixes de elétrons por um filamento capilar de tungstênio (eletrodo negativo), mediante a aplicação de uma diferença de potencial que pode variar de 0,5 a 30 KV. Essa variação de voltagem permite a variação da aceleração dos elétrons, e também provoca o aquecimento do filamento. A parte positiva em relação ao filamento do microscópio (eletrodo positivo) atrai fortemente os elétrons gerados, resultando numa aceleração em direção ao eletrodo positivo. A correção do percurso dos feixes é realizada pelas lentes condensadoras que alinham os feixes em direção à abertura da objetiva. A objetiva ajusta o foco dos feixes de elétrons antes dos elétrons atingirem a amostra analisada.

Microscópio de transmissão - O microscópio de transmissão funciona de forma similar à dos retroprojetores usados para projetar imagens em cursos ou palestras. “Só que, em vez de jogarmos

⁹³ Para aprofundamento deste tópico ver o artigo “Quando e como o homem começou a “ver” átomos!”, de Caio M. C de Castilho - Rev. Bras. Ens. Fis. vol.25 no.4 São Paulo Nov./Dec. 2003. Acesso pela Web em http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/v25_364.pdf.

⁹⁴ Fonte: <http://www.degeo.ufop.br/laboratorios/microlab/mev.htm> - acesso em 15/06/2007

luz sobre uma transparência onde está escrito um texto ou desenhada uma figura, é jogada uma fonte de elétrons sobre uma amostra da matéria a ser avaliada”, explica Jefferson Bettini, técnico em microscopia do LNLS. O MET possui sistemas de iluminação e vácuo que produz feixes de elétrons de alta energia (energia cinética), que ao incidir sobre uma amostra de tecido ultrafina (na espessura de nanômetros), fornece imagens planas, imensamente ampliadas, possuindo a capacidade de aumento útil de até um milhão de vezes e assim permitindo a visualização de moléculas orgânicas, como o DNA, RNA, algumas proteínas, etc. O sistema de vácuo remove o ar e outras moléculas de gás da coluna do microscópio, evitando assim que ocorra erosão do filamento e propiciando a formação de uma imagem com excelente qualidade e contraste. A imagem é projetada em um anteparo fluorescente, que poderá ser redirecionada para uma chapa fotográfica para registro, ou ainda a imagem pode ser captada por um sistema computadorizado de captação de imagens e armazenada em CD-Rom para futura análise. Grande parte dos átomos das estruturas celulares tem baixo número atômico e muito pouco contribui para a formação da imagem. O emprego de substâncias que contêm átomos pesados, como ósmio, chumbo e urânio permitem obter um contraste entre as estruturas celulares, contribuindo para uma melhor imagem. Então, por fim, a imagem é também uma resultante da absorção diferenciada de elétrons por diversas regiões da amostra, seja por variação de espessura, seja por interação com átomos de maior ou menor número atômico.

Microscópio de tunelamento - o microscópio de corrente de tunelamento, ou simplesmente microscópio de tunelamento, inventado em 1981, permite obter imagens de átomos e moléculas, utilizando-se uma agulha microscópica na qual se aplica uma tensão elétrica. A imagem é formada ao se analisar a variação da corrente entre a agulha e a superfície que se quer fotografar, quando a agulha desliza sobre esta superfície. Essa tecnologia permite medir as propriedades físicas dos objetos analisados e estudar as forças entre moléculas e átomos, e observar as estruturas em escala atômica. O microscópio é capaz de obter imagens numa escala atômica de 2×10^{-10} ou 0,2 nanômetros, sendo usado na manipulação individual de átomos, acompanhamento de reações químicas, reversão de íons produzida pela remoção ou adição individual de elétrons e moléculas. O fluxo dos elétrons é por efeito túnel, por isso o nome tunelamento. A invenção valeu ao alemão Gerd Binnig e ao suíço Heinrich Rohrer o Prêmio Nobel de Física de 1986. Foi uma das maiores contribuições para o estabelecimento definitivo da Nanociência.

Pensando didaticamente nas formas de conduzir um processo para entendimento mínimo sobre estes equipamentos pode-se utilizar desde a simulação computacional até visitas à laboratórios de microscopia eletrônica, onde houver possibilidade para tal.

Como a realidade escolar mostra contornos mais restritivos pensamos em algo mais prático e eficiente: criar um análogo macroscópico para aquele instrumento que “enxerga” o mundo atômico. A idéia sugerida é utilizar materiais alternativos e promover a construção de um **microscópio de**

varredura. Um pequeno roteiro está disponível em anexo (na versão digital). Pensamos que isso possa promover uma boa discussão sobre o funcionamento deste tipo de equipamento e sobre o poder de resolução a ele atribuído, além de retornar com as dificuldades inerentes ao processo de interação da radiação com a matéria. A sugestão é produzir o “equipamento” ou vários deles, criando um ambiente para novas descobertas. Os alunos podem fazer desafios entre grupos buscando identificar “amostras” produzidas por eles mesmos, tornando a atividade mais interativa e proveitosa.

Além disso o professor pode fazer uso da exibição de uma série de imagens captadas nos mais diversos tipos de microscópios, avaliando a resolução e qualidade de cada uma.

A caracterização de uma superfície pode ser feita de várias maneiras. Pode-se promover uma atividade escondendo um objeto dentro de uma caixa e solicitando que os alunos identifiquem o mesmo através de diversos parâmetros sensitivos, sem apelo à visão. Ao final promover uma discussão sobre quantas informações foram necessárias para descrição do objeto.

Momento Final – Mostrar aplicações tecnológicas da nanotecnologia... Destacar aquelas ligadas à microeletrônica e à manipulação da matéria em escala atômica... Utilizar como recursos os mais diversos textos de divulgação científica publicados em mídias impressas, eletrônicas e audiovisuais.

NanoMundo – a Física e suas viagens...

Sugestão para abertura das discussões: apresentar um trecho inicial do filme **Viagem Insólita** (1987) (informações adicionais em <http://adorocinema.cidadeinternet.com.br/filmes/viagem-insolita/viagem-insolita.htm>). O filme de ficção pode ser entendido como um antigo desejo humano, o de viajar por dentro do corpo humano e conhecer intimamente o complexo organismo. No filme, um piloto de teste da Marinha se oferece para uma experiência médica altamente perigosa: um submarino com o piloto no comando foi encolhido até o tamanho molecular, de forma que pudesse ser inserido no corpo de um ser vivo. Se bem sucedido, o teste poderá resultar em inovações radicais em técnicas cirúrgicas. A história mescla ficção com humor e deve chamar a atenção dos alunos. Mais adiante, a questão será retomada, quando a nanociência retoma o mesmo ideal de produzir nanomáquinas, inclusive algumas com aplicações médicas. A ficção pode estar se tornando realidade.

O maior entendimento sobre o comportamento do mundo atômico conduziu a Ciência por outros caminhos. Quase no final do ano de 1959, Richard Feynman, respeitado físico americano e ganhador do prêmio Nobel de Física em 1965, profere uma palestra⁹⁵ no Caltech, provocando alvoroço na comunidade científica. Há possibilidades de extrair trechos da palestra e discutir com os alunos. O discurso é o marco histórico do surgimento da nanociência, representando mais tarde a primeira publicação relacionada com o assunto.

Após isto, já é possível discutir em sala como se manipula átomos e porque fazer isso, ou seja, quais implicações tecnológicas resultam desta incrível e nova Ciência.

Carbono e a origem da vida

A sugestão neste ponto é situar um dos principais elementos químicos da natureza: o carbono. A escolha se justifica: apenas com a alteração da maneira que este elemento se liga à outros átomos de carbono é capaz de gerar elementos tão diversos quanto o duríssimo diamante e o quebradiço grafite, sendo que os “tijolos” são os mesmos. Da mesma forma, pode-se explorar a descoberta dos fulerenos, que justificaram uma premiação Nobel. Também compostos somente por carbono, os fulerenos apresentam propriedades distintas do diamante e do grafite. Esta discussão pode alavancar o tratamento das diversas formas de ligações químicas e a interação entre os componentes mais íntimos da matéria.

Partindo disto, chegar aos modernos métodos de produção de nanofios ou nanotubos de carbono, cujas características físico-químicas os tornam mais resistentes que o aço, excelentes condutores elétricos e perfeitamente maleáveis. Fibras de carbono já são utilizadas como material base para a construção de carcaças de carros ultra-resistentes, empregadas na indústria automobilística de ponta

⁹⁵ Tradução disponível em <http://www.zyvex.com/nanotech/feynman.html>

e nas pistas de corridas do mundo inteiro. Leveza e durabilidade são características destes novos materiais. Por fim podem ser apresentadas outras aplicações tecnológicas de tais produtos.

Por outro lado, o carbono é visto como o grande vilão do aquecimento global. O CO₂, assim como outros gases à base do carbono, como o metano (CH₄) ou os compostos de cloro, o flúor e o carbono (conhecidos como CFC), retém parte do calor irradiado pela terra, impedindo que seja dissipado para fora do planeta. Outra questão que pode ser explorada ou aprofundada, especialmente na promoção de trabalhos interdisciplinares, onde a Física pode se apresentar como conexão.

Mais adiante, na atividade final, pode ser retomada a discussão sobre os riscos envolvendo a manipulação do carbono.

O Carbono

Ver links com material para identificar o elemento carbono e suas possíveis combinações, que geram tanto o diamante como o grafite – materiais isotrópicos com propriedades muito diferentes.

<http://pt.wikipedia.org/wiki/Carbono>

<http://www.cdcc.sc.usp.br/elementos/carbono.html>

Recursos – construção dos óculos 3D para visualização da página Molecularium⁹⁶...

<http://nautilus.fis.uc.pt/cec/molecularium/stereo/index.html>

A confecção dos óculos é simples, bastando imprimir a folha do molde em papel cartão (gramatura de 150 g/m² ou maior). As “lentes” dos óculos devem ser confeccionadas em filtro plástico tipo “gelatina”, facilmente encontrado em lojas que comercializam material para iluminação ou lojas de instrumentos musicais. A “gelatina” é utilizada como filtro para holofotes de palco em shows ou apresentações. Um material alternativo indicado para substituir a “gelatina” é o papel celofane. Podem ser prensadas três ou quatro folhas de celofane das cores azul e vermelha, “ensanduichadas” entre as duas partes da armação dos óculos. A desvantagem do celofane é a qualidade da imagem devido a defeitos de transparência do material.

Sugestão de atividade: construção de modelos de moléculas com massinha ou bolas de isopor. Há de se ter o devido cuidado de ressaltar os limites desses modelos. Átomos já não são mais vistos como “bolas de bilhar” há muito tempo e as forças intermoleculares não podem ser representadas por pontes fixas que ligam os átomos. As “bolas” são, na verdade, regiões ou nuvens de probabilidade onde podem ser localizados elétrons. Os núcleos ficam em alguma região central da “bola”. A forma

⁹⁶ Ver texto sobre visão estereoscópica nos anexos e moldes para recortar que constam do caderno do ALUNO.

de representação utilizada pode ser entendida como uma transposição forçada para modelos baseados em maquetes físicas tridimensional, ou de outra forma, um apelo semântico⁹⁷.

Uma discussão interessante sobre os limites de alguns modelos que criamos pode ser encontrada em:

<http://cftc.cii.fc.ul.pt/PRISMA/capitulos/capitulo4/modulo1/topico1.php>

Neste endereço existe uma proposição envolvendo as conhecidas peças de Lego⁹⁸. Segundo os autores da proposta, não é possível manipular nano-Legos da mesma forma que se manipula o Lego macroscópico. A tarefa é muito mais complexa. Para encaixar e desencaixar peças de Lego usamos os dedos, dentro das possibilidades de encaixe; o que pode ser usado analogamente ao dedos para manipular átomos e moléculas na escala do nanometro? Quais serão os “nanodedos”?

Além da pequena escala, as “nanopeças” encaixam entre si através de ligações químicas que são muito mais sofisticadas do que se pode intuir. Na verdade, em nível quântico podem ocorrer fenômenos que na escala macroscópica seriam considerados mágicos, como teleportação de átomos ou o denominado efeito túnel, em que elétrons atravessam “nanoparedes”.

Ainda de acordo com os autores da proposta com as peças de Lego, no cerne de um processo químico típico, as “peças” que estabelecem uma dada ligação não são as únicas intervenientes no processo. Na realidade, as “peças” vizinhas, bem como as vizinhas das vizinhas, etc., participam e contribuem para a harmonia final que determina uma ligação química estável (a interação eletromagnética, por exemplo, atua a distância). Qualitativamente, e dependendo do tipo de ligação química, participam tipicamente entre 5 a 15 “peças” em uma verdadeira dança coletiva que constitui uma ligação química circunscrita no espaço de uma aresta de comprimento da ordem do nanometro. Esta realidade quântica é incontornável e, como se percebe, condiciona a forma como podem ser manipulados os nano-Legos.

Outras possibilidades de estudo das estruturas moleculares...

<http://www.molecularium.rpi.edu/teachersparents.html>

Datação com carbono 14

http://www.ucs.br/ccet/defq/naeq/material_didatico/textos_interativos_29.htm

Forças intermoleculares – moléculas polares e apolares

http://www.ucs.br/ccet/defq/naeq/material_didatico/textos_interativos_33.htm

⁹⁷ Uma boa discussão sobre os limites desta transposição pode ser encontrado em <http://www.scientiaestudia.org.br/revista/PDF/03_02_02.pdf>, artigo de Luiz Henrique de Araújo Dutra publicado na Revista Scientiae Studia.

⁹⁸ Tradicional marca americana de brinquedos para montar.

ATIVIDADE FINAL – Avaliação com o Jogo dos Papéis

Após a abordagem conceitual e/ou matemática de conteúdos que permitem uma compreensão mínima do que trata a nanotecnologia, o professor encaminhará uma atividade sobre a dicotomia riscos x benefícios, utilizando para isso uma dinâmica de grupo conhecida por **ROLEPLAY**, ou, JOGO DOS PAPÉIS, onde há a estimulação de um debate livre entre diferentes pontos de vista.

A execução desta dinâmica, especificamente no tema sugerido, exige uma preparação prévia por parte do professor, especialmente no que tange ao municiamento dos grupos, seja com orientação direta ou com disposição de material para consulta, assim como necessita da participação efetiva dos alunos. Devem ser observados alguns passos:

- **Montagem de um cenário fictício:** uma audiência pública para consulta sobre a instalação de um grande laboratório de pesquisas em nanotecnologia em um local próximo a uma região de preservação ambiental local, que seja conhecida pelos alunos e pela comunidade. É de suma importância que o professor adapte este cenário à realidade local, instigando ainda mais as discussões. Pode ser sugerido o nome do laboratório: Nano-bio.

- **Dividir a turma em grupos:** dois deles irão propor uma defesa do uso da nanotecnologia em função dos grandes avanços que ela promove, defendendo os interesses dos *investidores do laboratório* (grupo1 e grupo2); outros dois grupos devem avaliar os prováveis *riscos biológicos e ambientais* que a nova tecnologia pode promover (grupo3 e grupo4); um grupo desempenhará o papel do *Poder Público* (grupo5), avaliando os aspectos legais da proposição e, por fim, um grupo (grupo6) com pelo menos 5 integrantes, assumirá o papel da *população* que, democraticamente, decidirá pela implantação ou não do laboratório, avaliando criticamente os prós e contras apresentados pelos grupos no debate. Importante: os grupos 1 e 2 não podem saber das proposições dos grupos 3 e 4. É interessante manter o mistério sobre os papéis que cada grupo deve assumir, pois isso tornará a discussão mais acirrada. O professor pode promover embates, sugerindo leituras que se contradizem.

- Os papéis:

Grupo1 – Mostrar as inovações tecnológicas que a nanotecnologia irá proporcionar e todos os benefícios aliados a essa tecnologia. Farão o papel de técnicos em nanotecnologia, mostrando todo o potencial deste nova Ciência. Tempo de defesa – 10 minutos.

Grupo2 – Mostrar que o laboratório poderá modificar a realidade da região, trazendo novos empregos e transformando a região num pólo de tecnologia. Mostrar que os impactos ambientais são mínimos, diante de toda a política de segurança envolvida nesse tipo de empreendimento. Farão o papel dos

investidores, que pretendem obter resultados financeiros com o laboratório. Tempo de defesa – 10 minutos.

Grupo3 – Apresentar casos onde houve problema com materiais nanométricos, citando como exemplo a recente discussão acadêmica e governamental gerada na Inglaterra sobre os riscos da nanotecnologia. Mostrar à população que há muitos riscos envolvidos, especialmente em função do desconhecimento das reais implicações e a falta de estudos neste sentido. Tempo de defesa – 10 minutos.

Grupo4 – O grupo pode destacar que o local para a instalação do laboratório não é apropriado e que há outros casos de contaminação ambiental que colocam uma questão ética profunda no debate: até que ponto os organismos nanométricos podem ser manipulados com segurança? Pode ser apresentado trechos de vídeos ou filmes de ficção que mostram um futuro negro em função de estudos como estes. O grupo pode articular a defesa com os integrantes do grupo 3. Tempo de defesa – 10 minutos.

Grupo5 – O poder público deve se mostrar interessado na proposta da instalação do laboratório, porém não possui ferramental técnico para avaliar riscos. Por este motivo promoveu um debate público e uma espécie de plebiscito, transferindo a responsabilidade pela decisão para a população que será afetada. Por outro lado, como a região deve ser impulsionada financeiramente, há interesses políticos envolvidos, e, de uma forma não muito explícita, os representantes do poder público devem estimular a população a votar pela instalação do laboratório. Tempo de defesa – 10 minutos.

Grupo6 – A população irá desempenhar o papel mais importante, pois será a responsável pela permissão ou não da instalação do laboratório. Cabe à população questionar os envolvidos favoráveis ou contrários, buscando os elementos que permitam a melhor decisão para o bem de toda a comunidade. Terão o tempo de 15 minutos para questionar os membros dos grupos 1, 2, 3 e 4.

- *Procedimentos*: o professor assume o posto de moderador do debate, interferindo quando necessário e controlando o tempo de exposição. Os grupos de apresentam as seguinte ordem: iniciam o debate os grupos 1 e 2, com um intervalo de 5 minutos para questionamentos; seguem os grupos 3 e 4, também com 5 minutos para perguntas; o grupo 5, do poder público, expõe suas idéias em seguida, abrindo o espaço de 15 minutos para questionamentos dos membros da população. Após o encerramento das discussões a população deve se retirar para, em segredo, votar pela aceitação ou não da instalação do laboratório de pesquisa. A decisão será anunciada por um dos membros da população e acatada por todos.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

Recursos na Rede Web

- <http://www.bowlesphysics.com/nano/Teaching%20Nanotechnology%20in%20the%20High%20School%20Curriculum.doc>
- <http://www.bowlesphysics.com/nano/>
- <http://micro.magnet.fsu.edu/primer/java/scienceopticsu/powersof10/>
- <http://www.nanoreisen.de/>
- <http://www.novafisica.net/webquest>
- http://www.if.ufrgs.br/fis02001/aulas/aula_espec.htm
- http://www.ifi.unicamp.br/~waslmm/Oficinala_arquivos/frame.htm
- http://www.ced.ufsc.br/men5185/trabalhos/14_particulas_fundamentais/index.htm
- <http://www.colorado.edu/physics/2000/index.pl>
- <http://www.degeo.ufop.br/laboratorios/microlab/mev.htm>
- <http://adorocinema.cidadeinternet.com.br/filmes/viagem-insolita/viagem-insolita.htm>
- <http://www.zyvex.com/nanotech/feynman.html>
- <http://www.cdcc.sc.usp.br/elementos/carbono.html>
- <http://nautilus.fis.uc.pt/cec/molecularium/stereo/index.html>
- <http://cftc.cii.fc.ul.pt/PRISMA/capitulos/capitulo4/modulo1/topico1.php>
- <http://www.molecularium.rpi.edu/teachersparents.html>
- http://www.ucs.br/ccet/defq/naeq/material_didatico/textos_interativos_29.htm

Outras Referências

Livros de Física para Graduação e Ensino Médio

BIBLIOGRAFICA RECOMENDADA

Tópicos da Estrutura da Matéria para aprofundamento (Livros usados em cursos universitários!)

- EISBERG, R. M. - Fundamentos da Física Moderna.
- EISBERG, R. M. e RESNICK, R. - Física Quântica. Editora Campus. Rio de Janeiro, 1986.
- RICHTMYER et alii - Introduction to Modern Physics. MacGraw-Hill Book Company, San Francisco, 1969.
- ALONSO, M. e FINN, E. J. - University Physics. Vol.3; Adisson-Wesley Publishing Company, Massachussets.
- TIPLER, P. A., LLEWELLYN, R. A., Física Moderna (3a. Ed.), LTC Editora, 2001.
- BORN, M., Atomic Physics, Blackie & Son, 1969.
- HEISENBERG, W., The physical principles of the quantum theory, Dover Publications (reedições do original de 1930).
- GAMOW, G., Thirty years that shook physics, Dover Publications (reedições do original de 1966).
- SHAMOS, M. H. (org.), Great Experiments in Physics, Dover Publications (reedições do original de 1959).

TODOS os livros da série “Temas de Atuais de Física”, lançados pela SBF em 2005/2006.

- Microondas
- Supercondutividade
- A Luz
- Aplicações da Física Quântica: do Transistor à Nanotecnologia
- Radiação Ultravioleta: Características e Efeitos
- Ondas e Bits

Livros didáticos para Ensino Médio, com textos para os alunos e propostas de exercícios e atividades experimentais:

Física - Ciência e Tecnologia. Carlos Magno Azinaro Torres e Paulo César Martins Penteado. Editora **Moderna** - Volumes 1, 2, 3.

Universo da Física. José Luiz Pereira Sampaio e Caio Sérgio Vasques Calçada. Editora **Saraiva** - Volume 3

Física. Antonio Máximo Ribeiro da Luz e Beatriz Álvares Alvarenga. Editora **Scipione**- Volume 3

Imagens da Física - Curso completo. Ugo Amaldi. Editora Scipione (1995)

Física Moderna Experimental e aplicada. Carlos Chesman / Carlos André / Augusto Macedo. Editora Livraria da Física. 2004

PARADIDÁTICOS E OUTROS (TÍTULO E AUTOR):

- Next: o Futuro Bem Próximo - MICHAEL CRICHTON
- Presa - MICHAEL CRICHTON
- Nano - JOHN ROBERT MARLOW (em inglês)
- Nanotechnology and homeland security - DANIEL e MARK RATNER (em inglês)
- The next big things is really small: how nanotechnology will change the future of business - JACK ULDRICH e DEB NEWBERRY
- Nano: a Ciência emergente da tecnologia - ED REGIS
- Nanotechnology: a gentle introduction to the next big idea - MARK AND DANIEL RATNER
- Micromachines and nanotechnology - DAVID DARLING
- How much is a million? - DAVID SCHWARTZ

Capas: