
ATUALIZAÇÃO DO CURRÍCULO DE FÍSICA NA ESCOLA DE NÍVEL MÉDIO: UM ESTUDO DESSA PROBLEMÁTICA NA PERSPECTIVA DE UMA EXPERIÊNCIA EM SALA DE AULA E DA FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES¹

Fernanda Ostermann
Marco Antonio Moreira
Instituto de Física - UFRGS
Porto Alegre – RS

Resumo

Neste trabalho descrevemos uma experiência de ensino-aprendizagem de dois tópicos de Física Contemporânea – partículas elementares e supercondutividade – em escolas de Nível Médio de Porto Alegre. A pesquisa desenvolveu-se ao longo de três anos, incluindo a seleção de tópicos, a elaboração de materiais didáticos, a preparação de professores em formação inicial e a implementação em sala de aula.

I. Introdução

Há muitas justificativas na literatura que nos permitem lançar uma hipótese: há uma tendência nacional e internacional de atualização dos currículos de Física no Ensino Médio. No entanto, ainda é reduzido o número de trabalhos publicados que encaram a questão sob a ótica do ensino e, mais ainda, os que buscam colocar, em sala de aula, propostas de atualização. A grosso modo, têm sido consideradas três vertentes representativas de abordagens metodológicas para a introdução de Física Moderna e Contemporânea (FMC) no ensino médio: exploração dos limites dos modelos clássicos; não utilização de referências aos modelos clássicos; escolha de tópicos essenciais (e.g., Alvetti e Delizoicov, 1998; Terrazzan, 1992, 1994; Pereira, 1997; Camargo, 1996; Paulo, 1997). Na realidade, pode-se verificar que, além de ser um tanto escassa a

¹ Comunicação oral apresentada no VII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, realizado em Florianópolis, de 27 a 31 de março de 2000.

literatura a respeito de questões metodológicas sobre o ensino da FMC nas escolas, há várias divergências a respeito de qual caminho deve ser seguido. Em particular, o papel das analogias clássicas para o entendimento dos conceitos modernos, a ênfase ou não em pré-requisitos e a abordagem histórica ou “lógica” são pontos que geram muitas discordâncias. Como bem sugere Stefanel (1998), esse movimento de reformulação curricular apenas se inicia e muitas pesquisas serão necessárias, ainda, para que possamos entender melhor essa complexa problemática. Também é ainda reduzido o número de publicações (e.g, Solbes et al., 1987; Lijnse et al., 1990; De Posada Aparicio e Prieto Ruz, 1990; Alemañ Berenguer, 1997) que tratam de concepções alternativas sobre tópicos de FMC. Em geral, essas foram associadas aos erros conceituais dos livros-texto e de informações veiculadas pela mídia.

Quanto a conteúdos de FMC que aparecem na literatura, observamos que há maior concentração de referências nos seguintes temas: relatividade, partículas elementares e mecânica quântica (e.g., Moreira, 1990; Galetti, 1990; Farmelo, 1992; Jones, 1992; Swinbank, 1992; Barlow, 1992; Ireson, 1996; Allday, 1997; Contemporary Physics Education Project, 1998; Fermilab, 1998; Solbes et al., 1987a; Gil et al, 1988; Stefanel, 1998; Pinto e Zanetic, 1999). Por outro lado, esse aspecto (o do conteúdo) é o de maior número de publicações, se comparado a outros por nós identificados (Ostermann e Moreira, 2000) para classificação dos trabalhos (questões metodológicas, epistemológicas, históricas referentes ao ensino de FMC; estratégias de ensino e currículos; concepções alternativas dos estudantes acerca de tópicos de FMC; propostas testadas em sala de aula com apresentação de resultados de aprendizagem).

Embora os trabalhos consultados representem o preenchimento de uma lacuna importante que existe em termos de materiais sobre FMC, muitas vezes, alguns pecam por serem muito densos e demandarem conhecimentos prévios que, em geral, o público-alvo não possui (professores de Ensino Médio, pesquisadores em ensino, não especialistas nas áreas). Além disso, muitas áreas importantes de FMC estão pouco exploradas nas publicações e ainda não há consenso sobre quais tópicos deveriam ser contemplados na escola média. Sendo assim, é preciso tentar delimitar quais tópicos de FMC devem ser abordados e elaborar textos de uma maneira mais crítica e com maior comprometimento com a melhoria do Ensino Médio.

É possível, então, perceber que ainda predomina, na literatura, a simples apresentação de tópicos de FMC. No entanto, questões de ensino vêm sendo incorporadas aos trabalhos e, talvez, seja uma tendência em crescimento. A abordagem de temas atuais de Física em revistas dirigidas a professores é, sem dúvida, uma contribuição importante para a atualização curricular. Mas, além disso, é preciso investir na possibilidade de introduzir alguns desses tópicos no Ensino Médio, verificando resultados de aprendizagem em condições reais de sala de aula. É possível encontrar alguns trabalhos que representam pesquisas nessa direção (e.g., Gil e Solbes, 1993; Solbes et al., 1987; Gil et al., 1987; Gil et al., 1988; Fischler e Lichtfeldt, 1992; Cuppari et al., 1997; Stefanel, 1998; Pinto e Zanetic, 1999). Esses trabalhos sobre

tópicos de FMC no Ensino Médio sugerem, com seus resultados de aprendizagem, a possibilidade de êxito na inserção de temas mais atuais nos currículos das escolas.

No entanto, é preciso elaborar um maior número de materiais acessíveis ao professor e acoplados aos cursos de formação inicial e continuada. Sem isso, não avançaremos muito na problemática da atualização curricular.

Neste artigo, descrevemos uma experiência que buscou trazer mais elementos para esta discussão (Ostermann, 2000). Quais os tópicos de FMC que deveriam ser ensinados na escola média? Que metodologia possibilita uma aprendizagem significativa dos alunos? Que materiais didáticos devem ser produzidos? Que implicações esta problemática traz à formação de professores? Essas foram algumas das questões que procuramos responder em um estudo que se desenvolveu a partir das seguintes etapas:

1) Levantamento de tópicos de Física Contemporânea que deveriam ser ensinados na escola média. Com uma técnica de consulta – técnica Delphi (Linstone e Turoff, 1975) – estudamos, junto a físicos, pesquisadores em ensino de Física e professores de Física de Ensino Médio, quais seriam esses tópicos (Ostermann e Moreira, 1998). Ao final, obtivemos uma lista consensual, da qual escolhemos dois tópicos para serem inseridos experimentalmente no Ensino Médio: partículas elementares e supercondutividade.

2) Elaboração de materiais didáticos sobre cada um desses temas, o que envolveu a redação de dois textos (Ostermann, 1999; Ostermann et al, 1998 a e b) e a confecção de outros recursos didáticos, como um pôster sobre as partículas elementares e as interações fundamentais (Ostermann e Cavalcanti, 1999) e a demonstração da levitação magnética.

3) Preparação de futuros professores na disciplina “Prática de Ensino de Física” do curso de Licenciatura em Física da UFRGS, para que introduzissem, em seus períodos de estágio nas escolas os tópicos contemporâneos. Esta etapa envolveu, entre outras coisas, a elaboração de um texto para alunos de Ensino Médio sobre cada tópico.

4) Avaliação da experiência na perspectiva do futuro professor. Os dados envolveram: observação de seus períodos de regência, relatórios finais por eles elaborados e entrevistas gravadas.

5) Avaliação da experiência na perspectiva do aluno de Nível Médio, através da aplicação de questionários (aberto e de escolha múltipla) antes e depois das aulas dos estagiários. As respostas foram classificadas em categorias, o que possibilitou um tratamento estatístico dos resultados.

II. A técnica Delphi

Neste estudo Delphi, o levantamento completo envolveu três “rodadas” (Ostermann e Moreira, 1998). Na primeira “rodada”, os respondentes foram apenas solicitados a sugerir tópicos de Física Contemporânea que em sua opinião deveriam ser contemplados em uma atualização do currículo de Física nesse nível de ensino. Na segunda “rodada”, os participantes foram solicitados a posicionarem-se frente aos tópicos sugeridos na primeira. Na terceira “rodada”, houve possibilidade de revisar posições e atribuir grau de prioridade aos temas. Ao final, foi obtida uma lista dos tópicos mais indicados. Em síntese, os seguintes tópicos de Física Moderna e Contemporânea foram apontados (com média de prioridade acima de 3,5 sobre cinco): efeito fotoelétrico, átomo de Bohr, leis de conservação, radioatividade, forças fundamentais, dualidade onda-partícula, fissão e fusão nuclear, origem do Universo, raios-X, metais e isolantes, semicondutores, laser, supercondutores, partículas elementares, relatividade restrita, Big Bang, estrutura molecular e fibras ópticas. Uma vez obtida a lista de tópicos, passou-se à seleção de dois deles para implementação em sala de aula. Não estávamos comprometidos em escolher os primeiros da lista, mas sim utilizar critérios que envolvessem questões de ensino e também oportunidades profissionais que possibilitassem desenvolver certos tópicos em particular. Dois tópicos da lista Delphi foram selecionados: *partículas elementares e supercondutividade*. Em primeiro lugar, tratam-se, claramente, de tópicos da chamada Física Contemporânea (FC). Cabe aqui mencionar novamente uma classificação aproximada e tentativa para a Física e esclarecer que nossa pesquisa visava tópicos contemporâneos e não modernos ou clássicos. A Física Clássica pode ser encarada como a desenvolvida até o final do século XIX. Já a Física Moderna (FM) está compreendida entre o final do século XIX e a década de quarenta do século XX. Portanto, tudo o que foi feito na Física da década de quarenta até os dias de hoje é o que classificamos de Física Contemporânea². Podemos observar que o estudo Delphi mostrou que há uma certa confusão entre o que se considera moderno ou contemporâneo, embora tivéssemos dito claramente nos questionários o que estava sendo considerado Física Contemporânea.

III. Justificativas para a escolha dos dois tópicos: supercondutividade e partículas elementares

O fenômeno da supercondutividade apresenta vários atrativos que estimularam sua escolha como tópico a ser introduzido nas escolas médias. Há uma

² Essa classificação é apenas uma tentativa e considera que o advento da Física Contemporânea está relacionado às importantes aplicações tecnológicas que surgirão a partir da década de 40 do século XX, por exemplo, os primeiros aceleradores de partículas.

ênfase curricular importante no ensino da Física que trata das relações ciência/tecnologia/sociedade (CTS). Essa tendência considera fundamental que os alunos percebam os conhecimentos científicos no contexto de suas aplicações tecnológicas e que os utilizem no exercício pleno de sua cidadania. O fenômeno da supercondutividade está relacionado à impressionante revolução tecnológica que presenciamos no final do século, ilustrando, portanto, uma série de aplicações potencialmente motivadoras para os alunos. Este tópico permite também que se tenha alguma atividade experimental (outro aspecto importante no ensino de Física). Em particular, é possível demonstrar o fenômeno da levitação magnética com uma pastilha supercondutora, um pequeno ímã e um pouco de nitrogênio líquido, permitindo que os alunos “vejam” o fenômeno e não apenas tenham que abstrair conceitos puramente teóricos. Por outro lado, este tópico, para ser compreendido em seus diferentes aspectos, envolve conteúdos de Física Clássica já trabalhados na escola, como por exemplo, Termodinâmica e Eletromagnetismo, bem como conceitos não abordados nesse nível de ensino, tais como conceitos básicos de Mecânica Quântica e Física do Estado Sólido. Isso permite que o assunto possa ser incorporado ao currículo de uma forma bastante articulada apresentado a partir de princípios físicos usualmente tratados e, posteriormente, partindo para conceitos mais avançados, de uma forma “explicativa”.

Talvez, de certa forma, em oposição ao assunto anterior, "partículas elementares" esteja vinculado a questões mais básicas da Física, ou quem sabe, nos remeta a problemas filosóficos (como buscar a ordem na diversidade) que a supercondutividade, em seu aspecto “mais técnico”, pode não apresentar. Como funciona o Universo é uma pergunta que tem fascinado os cientistas há séculos e também o homem como espécie e é, em certo sentido, a pergunta-chave desta área da Física. O estudo das partículas elementares ilustra também a interação entre o pensar e o fazer, ou entre a teoria e a metodologia, em Física. Por exemplo, muitas previsões teóricas da existência de partículas anteciparam resultados de experimentos, ou seja, confirmaram a crença filosófica contemporânea na inseparabilidade entre pressupostos teóricos e experimentos. A idéia de modelagem e busca de simetria é outra faceta da Física que esse assunto exemplifica. Em uma certa época, o que se tinha era um catálogo de partículas, mas a busca obstinada de simetrias na natureza e a crença de que esse catálogo poderia ser explicado através de um modelo mais simples levou ao Modelo Padrão. O tópico “partículas elementares” presta-se também a apresentar a Física como uma ciência viva, dinâmica. O Modelo Padrão é o modelo que se tem hoje para esta área da Física, mas, é claro, que ele pode mudar. O ensino desse tópico foi proposto a partir de uma ênfase que podemos chamar de “informativa” (em contraposição à supercondutividade, que tem um viés mais “explicativo”), sem envolver complicações matemáticas, mas, por outro lado, não se articulando diretamente a princípios físicos discutidos na escola e fazendo relações com os modelos atômicos discutidos nas aulas de Química. Sem focalizar a memorização de nomes e classificações de partículas, buscamos passar ao aluno a idéia da Física de Partículas

como empreendimento humano que busca organizar o entendimento do mundo através dos *quarks* e *léptons* e das quatro interações fundamentais.

Ambos os tópicos demandam o uso de analogias para o entendimento de alguns de seus aspectos. Por exemplo, as interações, do ponto de vista da Física Moderna, são entendidas através da troca de uma partícula mediadora. Propusemos aos alunos que buscassem entender essa idéia a partir da analogia com o jogo do bumerangue, no qual dois jogadores (um de costas para o outro) interagem (se atraem) pela troca do bumerangue. Outro exemplo é o entendimento da atração entre dois elétrons (que formam um par de Cooper) no fenômeno da supercondutividade. Comparando a rede cristalina a um colchão e duas esferas pesadas e carregadas aos dois elétrons, os alunos puderam compreender como a interação ocorre via deformação da rede (o colchão).

IV. Introdução dos dois tópicos no Ensino Médio

Para enfrentarmos o problema da atualização curricular de uma forma mais efetiva e, possivelmente, com um caráter multiplicativo, procuramos inseri-la pela via da formação do professor. Já desde 1994 trabalhamos na Licenciatura em Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e, desde então, ministrando a disciplina “Prática de Ensino de Física” (EDU 02220 – 6 horas semanais), do último semestre do curso, a qual caracteriza-se por proporcionar ao futuro professor o único contato prévio, em sua formação, com a realidade da escola, em um trabalho que envolve regência e controle de classe por um tempo suficientemente longo. Para entendermos o outro ângulo da questão (o aluno) e para superarmos o nível de proposta e chegarmos à sala de aula com materiais e professores especialmente preparados, era preciso ocupar o espaço privilegiado que a “Prática de Ensino” nos proporciona. A estrutura dessa disciplina na UFRGS (Ostermann, 1995) é, basicamente, a seguinte: há uma parte prática realizada na escola (três horas semanais) e uma parte teórica desenvolvida na universidade (três horas semanais). A primeira parte é realizada ao longo de três meses: inicialmente, os estagiários observam e monitoram o professor de Física de uma turma previamente definida durante dois meses e, posteriormente, ministram aulas a essa mesma turma por aproximadamente, um mês. Paralelamente, assistem aulas teóricas na universidade para que possam dominar o conteúdo a ser ensinado, adequando e organizando seus conhecimentos para o trabalho em sala de aula. Concluído o estágio, os licenciandos elaboram, ao longo de um mês, um relatório final, no qual são descritas todas as etapas de seu estágio. Todas as etapas da disciplina são desenvolvidas sob orientação do professor-orientador de “Prática de Ensino”, o que inclui visitas (observação) à maioria das aulas de cada estagiário.

A necessidade de ministrarmos aulas sobre cada um dos tópicos já era assinalada pela nossa experiência nestes cinco anos como docente da Licenciatura. Se, muitas vezes, os estagiários ressentem-se de uma formação mais sólida em Física Clássica, que dificuldades, então, não teriam no caso de dois tópicos contemporâneos?

Mas antes de ministrarmos um mês de aulas (4 encontros de 3 horas sobre cada tópico), foi preciso investir na preparação de materiais dirigidos a professores de Nível Médio e, posteriormente, adaptá-los a alunos desse mesmo nível.

Apesar de ser ampla a bibliografia em inglês sobre o assunto **partículas elementares**, são ainda bastante escassos os materiais escritos em língua portuguesa, o que, do ponto de vista do Ensino Médio, é um forte obstáculo para a atualização curricular. Foi, então, elaborado um texto sobre esse assunto, com 69 páginas, em português, baseado em várias referências (e.g., Fermilab, 1998; Contemporary Physics Education Project, 1998). O texto inclui um breve histórico do desenvolvimento do conceito de átomo, as descobertas do início do século XX, leis de conservação, interações fundamentais e o modelo padrão atual. Há também uma tabela e duas figuras que resumem as partículas elementares e as interações fundamentais, exercícios e sugestões de atividades. Como recursos didáticos adicionais, foram elaborados diapositivos, transparências e uma tabela colorida tamanho pôster (Ostermann e Cavalcanti, 1999), feita com o “software” de computação gráfica CorelDraw (versão 8), com o resumo de toda a informação mais essencial contida no texto: *quarks* e *léptons*, partículas mediadoras, interações fundamentais. A elaboração desse pôster foi inspirada em tabelas produzidas por Fermilab (1998) e Contemporary Physics Education Project (1998). Ao longo de um mês, os seis estagiários do grupo das “partículas” assistiram aulas expositivas na universidade baseadas no texto descrito. Essas aulas foram ministradas pela professora (e pesquisadora) de “Prática de Ensino” e fez-se amplo uso de transparências coloridas e diapositivos.

A idéia desta primeira etapa era a de que eles aprendessem o conteúdo da forma mais didática possível, através de muitas discussões, e que pudessem preencher lacunas conceituais existentes na área de Física de Partículas.

Para o tópico **supercondutividade**, o mesmo foi realizado. Uma bibliografia acessível a professores e alunos de Nível Médio sobre o tema é também bastante escassa. Além disso, a maioria dos materiais escritos estão em língua inglesa. Foi, então, elaborado um texto de 74 páginas (Ostermann et al., 1998 a e b), dirigido a professores, em português, baseado em várias referências (e.g., Cyrot e Pavuna, 1992; Luiz, 1992; Pureur, 1996; Rose-Innes e Rhoderick, 1988). O texto inclui um histórico do fenômeno, propriedades básicas de um supercondutor (resistividade nula e Efeito Meissner), termodinâmica da transição supercondutora, Teoria de London, Teoria Ginzburg-Landau, Teoria BCS, levitação magnética, supercondutores do tipo II e aplicações da supercondutividade. Foi também produzida, em laboratório, uma pastilha supercondutora (YBaCuO, $T_c \sim 92$ K) do tamanho de uma moeda para fins demonstrativos. Utilizando-se um pequeno ímã e nitrogênio líquido é possível ilustrar o Efeito Meissner através da levitação do ímã sobre a pastilha.

Ao longo de um mês, os seis estagiários deste grupo assistiram aulas expositivas na universidade, ministradas pela pesquisadora (e professora), baseadas no texto descrito e apresentadas através de diapositivos feitos no programa Microsoft PowerPoint. Novamente, a idéia desta primeira etapa era a de que aprendessem o

fenômeno da supercondutividade da forma mais didática possível. As etapas seguintes envolveram a transposição didática dos tópicos para o Nível Médio (o que implicou, entre outras coisas, a elaboração de um "texto do aluno") e as aulas nas escolas (ao longo de, aproximadamente, um mês) ministradas pelos estagiários.

V. A implementação dos tópicos

No grupo das partículas elementares, por restrições impostas pela disponibilidade de horários dos estagiários, eles foram agrupados nas escolas e por série do Ensino Médio da seguinte maneira:

- três trabalharam em três primeiras séries (totalizando 55 alunos entre 14 e 15 anos) de uma escola estadual;
- dois ministraram aulas em duas segundas séries (totalizando 51 alunos entre 15 e 16 anos) da mesma escola estadual;
- um trabalhou na terceira série (20 alunos entre 16 e 17 anos) de uma escola particular.

No grupo da supercondutividade, novamente, por restrições impostas pela disponibilidade de horários dos estagiários, os seis estudantes foram agrupados da seguinte maneira:

- dois trabalharam na primeira série (61 alunos entre 14 e 15 anos) de uma escola pública federal;
- um ministrou aulas na terceira série (18 alunos entre 16 e 17 anos) também na mesma escola pública federal;
- três trabalharam na terceira série (66 estudantes entre 16 e 17 anos) de uma escola pública estadual.

VI. Resultados

Os resultados obtidos com esta pesquisa envolveram: descrição e análise das regências dos futuros professores (a partir da observação da maior parte das aulas de cada estagiário pela professora de “Prática de Ensino”); análise dos relatórios finais por eles realizados; entrevistas gravadas concedidas por cada um dos doze estagiários e a análise de questionários aplicados aos alunos do Ensino Médio. Aqui, apenas destacaremos alguns aspectos dessa grande quantidade de informação colhida em cada etapa da pesquisa. Do ponto de vista do futuro professor, apresentaremos uma síntese das entrevistas por eles concedidas e, quanto aos alunos de Nível Médio, destacaremos alguns resultados obtidos com a aplicação de questionários (com perguntas abertas e objetivas) que foram aplicados antes e depois das aulas sobre cada tópico, sem entrarmos no detalhamento da estatística realizada, a qual está apresentada em outro trabalho (Ostermann, 2000).

Ao final do semestre, cada estagiário foi entrevistado pela professora de “Prática de Ensino de Física”. As entrevistas foram todas gravadas em áudio e tiveram,

em média, uma duração de 15 minutos. Basicamente, foram feitas as seguintes perguntas a cada estagiário: ■ Que valor atribuiu à inserção de FMC no Ensino Médio? ■ Quais as dificuldades encontradas para ensinar tópicos contemporâneos? Vantagens e desvantagens? Valeu a pena? Por quê? ■ Como professor da rede, tu repetirias esta proposta de introdução de tópicos de FMC no ensino médio? ■ Que importância teve para tua formação esta experiência na “Prática de Ensino”? ■ Quanto à estrutura da disciplina, te pareceu boa? O que deve ser mudado?

Além destas perguntas, algumas outras surgiram em virtude do diálogo que foi estabelecido. Por exemplo, muitos acabaram por comentar a respeito dos textos preparados para a disciplina, os materiais didáticos utilizados e os questionários aplicados aos alunos. Problemas enfrentados nas escolas, como indisciplina, falta de interesse dos alunos e a pressão que o exame para ingressar na universidade (vestibular) exerce sobre o currículo de Física foram também bastante mencionados. É possível resumir as entrevistas, destacando alguns de seus aspectos mais gerais:

■ Todos os estagiários, sem exceção, atribuíram um alto grau de importância à problemática de atualização curricular. Em geral, consideraram que é necessário repensar o currículo de Física do Ensino Médio com o objetivo de introduzir nele tópicos mais atuais;

■ Quanto às dificuldades enfrentadas nas escolas, as mais citadas foram: indisciplina, falta de pré-requisitos dos alunos, muita abstração exigida, em certos momentos, pelos tópicos, insegurança em relação ao domínio de conteúdo para expô-lo aos alunos. Por outro lado, muitos destacaram que, pelo trabalho ter sido bem estruturado, não houve sérias dificuldades para ensinar os tópicos. E todos, sem exceção, consideraram a proposta desenvolvida na disciplina, válida porque ajudou a despertar nos alunos um interesse maior pela Física;

■ Dos doze estagiários, dez afirmaram, com convicção, sua intenção de incorporar, nas suas aulas futuras, tópicos atuais de Física. Em particular, os dois tópicos propostos na disciplina foram considerados potencialmente interessantes. Alguns sugeriram outros tópicos que poderiam também ser introduzidos;

■ Quanto à sua formação, a maioria dos estagiários ressaltou a validade da experiência na “Prática de Ensino” no sentido de que foi possível aprender um conteúdo novo. Apenas dois estagiários haviam tomado contato, anteriormente, com o tópico trabalhado no estágio. Em geral, consideraram o tempo um tanto curto para a aprendizagem de um tópico contemporâneo, que foi compensado, segundo a maioria, por boas aulas teóricas;

■ A estrutura da disciplina “Prática de Ensino” foi bastante elogiada, principalmente a forma metódica com que foi organizada cada etapa a ser cumprida. Por outro lado, as críticas que surgiram direcionaram-se para o pouco tempo disponível para desenvolver todas as etapas necessárias, a pouca liberdade dada para que cada estagiário testasse, em aula, suas próprias convicções sobre ensino-aprendizagem e uma discussão maior sobre didática e metodologia;

- Os textos produzidos para a disciplina foram considerados muito bons, pois os ajudaram a entender melhor os tópicos a serem ensinados nas escolas. O fato de os próprios estagiários prepararem o “texto do aluno” foi ressaltado como bastante positivo;

- O exame vestibular (necessário para o ingresso na universidade) foi um tema mencionado por alguns como um obstáculo para a atualização curricular de Física. Os dois tópicos trabalhados nas escolas não constam da lista de conteúdos desse exame em nosso meio, o que dificulta a defesa de sua inserção nas aulas de Física em escolas de Nível Médio;

- A maioria considerou satisfatórios os resultados obtidos com a avaliação de aprendizagem dos alunos, através da aplicação dos questionários.

Quanto ao aluno de Ensino Médio, a experiência mostrou que não só é possível motivá-lo e despertar sua curiosidade científica com tópicos de FMC como também ele pode aprender conceitos físicos nessa área. No grupo das "partículas", por exemplo, ao término das aulas, 39% dos alunos mencionaram os *quarks* e os *léptons* como as porções menores que formam toda a matéria de Universo (contra 0%, ao início das aulas). Ao final, 57% perceberam que só existem quatro interações fundamentais na natureza. Esses são apenas exemplos dos resultados obtidos. Com eles pudemos concluir que houve uma boa familiarização com o tema, apesar de ser desenvolvido por um professor (o estagiário) que entrou em uma turma já adaptada a um certo ensino de Física (que, em geral, conflitava com a nova proposta). No grupo da "supercondutividade", uma boa parte dos alunos conseguiu relacionar o fenômeno à resistividade nula, ao Efeito Meissner e aos pares de Cooper. De certa forma, os estagiários ensinaram a alunos que não possuíam todo o conhecimento prévio necessário para o entendimento do tema. Buscou-se sanar esse aspecto com a apresentação do que chamamos "revisão da Física Clássica", o que incluiu discutir conceitos como corrente elétrica, diferença de potencial, resistividade e lei de Faraday-Lenz. Esses resultados mostraram que há uma possibilidade promissora de ensinar esse tópico, ainda mais se o professor da turma puder articulá-lo melhor aos assuntos já abordados (tais como Eletromagnetismo e Termodinâmica).

Esta pesquisa, ao introduzir dois tópicos de FMC na formação do professor e em escolas de Nível Médio, também permitiu explicitar problemas que o ensino de Física enfrenta em nossas escolas. Ao não desenvolver aspectos conceituais da Física, recai em uma ênfase excessiva nas fórmulas e em problemas de simples aplicação das mesmas. Enquanto se dedica quase um bimestre para o estudo da cinemática, pouco se discute sobre os "pilares da Física" – as leis de conservação. Essa parte teria sido interessante para o estudo das "partículas elementares". Problemas de circuitos simples são, muitas vezes, realizados em grande quantidade, enquanto que pouco tempo (ou nenhum) sobra para uma discussão das leis que regem o eletromagnetismo. Sem falar na parte experimental, tão negligenciada nas escolas. Enfim, há muitos desafios a serem

enfrentados, dentre os quais, o próprio currículo de Física, que deverá ser repensado à luz da temática de introdução de FMC nos conteúdos escolares.

VII. Discussão dos resultados

A partir dos resultados obtidos neste estudo, destacamos que:

- É fundamental investir na produção de materiais didáticos sobre temas de FMC acessíveis aos professores e aos alunos de Nível Médio. Neste trabalho, produzimos recursos para dois tópicos: supercondutividade e partículas elementares, que mostraram-se essenciais para a viabilidade da proposta;

- É preciso formar professores críticos em relação ao currículo de Física e com ferramentas que possibilitem enfrentar a questão da atualização curricular. Isto só é possível com uma preparação adequada. Neste estudo, preparamos meticulosamente os futuros professores na “Prática de Ensino”, o que permitiu que se formassem com uma mentalidade de renovação da prática docente;

- É viável ensinar Física Contemporânea no Ensino Médio, tanto do ponto de vista do ensino de atitudes quanto de conceitos. É um engano dizer que os alunos não têm capacidade para aprender tópicos atuais. A questão é como abordar tais tópicos. Nesse sentido, obtivemos resultados promissores. Analogias são importantes, vínculos com conteúdos já existentes no currículo são convenientes e avanços em pontos mais modernos são possíveis se a ênfase dada for no aspecto mais conceitual da Física. Sem dúvida, foi possível verificar-se, na prática, muito do que fala a literatura: tópicos de FMC despertam a curiosidade científica dos alunos, os motivam para aprender Física. Mas para além das atitudes positivas frente à ciência, obtivemos bons resultados cognitivos, que devem ser interpretados no contexto da experiência: em apenas, aproximadamente, 10 períodos um outro professor (o estagiário), que não era o que vinha trabalhando com a turma ao longo do ano, procurou fazer uma “pequena revolução” nas aulas de Física, exigindo dos alunos um ritmo diferente e uma rápida adaptação à nova situação. Mesmo assim, os resultados foram satisfatórios como mostraram a aplicação dos questionários de avaliação;

- Não há uma definição de consenso acerca do que é Física Contemporânea e como distingui-la da Física Moderna. Pela lista obtida ao final do estudo Delphi, vê-se que há tópicos modernos mesclados a contemporâneos. Até mesmo temas de Física Clássica apareceram nesta pesquisa. Nossa preocupação, do ponto de vista do ensino, foi a de incorporar temas contemporâneos. É claro que esses, em geral, demandam conhecimentos clássicos e modernos.

VIII. Conclusões

A pesquisa aqui relatada proporciona algumas implicações para a formação inicial de professores de Física. Tomando-se a investigação apenas sob a ótica de formação em conhecimento específico, esta revelou-se extremamente importante para

os futuros professores. Sem as aulas de “partículas” e “supercondutividade”, eles sairiam da graduação com um conhecimento precário dessas duas áreas importantes da pesquisa em Física. Com isso, cabe questionar: como queremos atualizar o currículo de Física das escolas de Nível Médio se não viabilizamos a atualização da própria formação inicial do professor?

Portanto, é fundamental preparar adequadamente os futuros professores para essa complexa tarefa de inovação curricular se o objetivo é implementá-la nas escolas. A experiência, aqui descrita, foi bem sucedida, em grande parte, pela meticulosa preparação envolvida. Colocar futuros professores na participação da transposição didática de tópicos de FMC pode permitir que aprofundem seus conhecimentos, desenvolvam uma preocupação em tornar o assunto acessível aos alunos nas escolas e responsabilizem-se de forma mais efetiva pelo processo ensino-aprendizagem como um todo. Talvez o desejável fosse que tivessem maior autonomia para desenvolver este tipo de trabalho. No entanto, a partir de nossa experiência de cinco anos com essa formação, acreditamos que ainda não é possível esse tipo de enfoque, tendo em vista as grandes dificuldades conceituais que muitos ainda enfrentam quase ao final do curso. Uma "liberdade guiada" talvez seja uma boa estratégia. Um trabalho mais autônomo dos futuros professores implicaria algumas reformulações na sua formação. Outras disciplinas do curso deveriam se incumbir de discutir os conteúdos e, mesmo de forma incipiente, pensar sua inserção na escola média. Sendo assim, seria possível dispor de mais tempo na “Prática de Ensino” para discussões direcionadas ao processo ensino-aprendizagem. É preciso também preparar novos materiais sobre outros tópicos de FMC, tanto para o professor como para o aluno. O uso de novas tecnologias parece ser muito apropriado para a abordagem de tópicos de FMC, quer pela sua pequena tradição didática, ou, por exemplo, pela possibilidade de simular experimentos difíceis de serem realizados em laboratório.

O resultado do estudo Delphi explicitou ainda mais a urgência com que se deve buscar a atualização curricular, pois parece que a seqüência cronológica que se tem dado ao ensino da Física Clássica pode condenar o ensino da Física Contemporânea, no sentido de que, em primeiro lugar, devemos passar por toda a Física Clássica e Moderna (a do início do nosso século) antes de chegar a ela. Aliás, na prática, não se chega nem à Física Moderna, de modo que o que se ensina de Física avança, no máximo, até final do século XX.

Quanto à formação dos alunos de Ensino Médio, a pesquisa teve as seguintes implicações:

- É viável implementar tópicos de Física Moderna e Contemporânea em escolas de Nível Médio. Os alunos podem aprendê-los, quer dizer, não encontramos obstáculos de natureza cognitiva e os de pré-requisitos foram superados;

- Se houve dificuldades de aprendizagem não foram muito diferentes das usualmente enfrentadas com conteúdos da Física Clássica. É claro que, muitas vezes, nem todos os pré-requisitos estão presentes. Com isso, deve-se buscar supri-los de alguma forma. A inserção de tópicos tão atuais nas escolas com material previamente

preparado pode resgatar, em certo sentido, a auto-estima de muitos alunos nas escolas onde, sem dúvida, a Física já perdeu muito de seu encanto;

▪ Os resultados apontam para a asserção de que deveria haver mais Física Contemporânea no Ensino Médio e menos “fósseis” da Física Clássica. Os alunos podem aprendê-la se os professores estiverem adequadamente preparados e se bons materiais didáticos estiverem disponíveis. Com isso, os jovens podem ter uma escolarização de nível médio em Física atualizada e mais coerente com um pleno exercício da cidadania na sociedade contemporânea.

Talvez, todas as idéias trazidas neste trabalho representem uma revolução no Ensino Médio de Física, tendo em vista a dura realidade que se vê em muitas escolas. No entanto, para que mudanças ocorram, precisamos buscar subsídios nos resultados de pesquisas sobre currículo e formação inicial e continuada de professores para repensarmos qual o perfil do professor e do currículo de Física para este século. Certamente, tal perfil passará por um profissional que conhece os avanços mais recentes da ciência que ensina e que domina ferramentas que possibilitam repensar o currículo na perspectiva de sua atualização. Este trabalho busca contribuir para futuras pesquisas nesta direção.

IX. Referências bibliográficas

1. ALEMAÑ BERENGUER, R. A. (1997) Errores comunes sobre relatividad entre los profesores de enseñanza secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, v. 15, n. 3, p. 301-307.
2. ALLDAY, J. (1997) The nature of force in particle physics. *Physics Education*, Bristol, v. 32, n. 5, p. 327-332.
3. ALVETTI, M. A. S., DELIZOICOV, D. (1998) Ensino de física moderna e contemporânea e a Revista Ciência Hoje. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 6., 1998, Florianópolis. Atas. Florianópolis: Imprensa UFSC, 3p., [Seção de Pôsteres]. 1 CD-ROM.
4. BARLOW, R. (1992) Particle physics: from school to university. *Physics Education*, Bristol, v. 27, n. 2, p. 92-95.
5. CAMARGO, A. J. (1996) *A introdução de física moderna no 2º grau: obstáculos e possibilidades*. Florianópolis: Curso de Pós-Graduação em Educação - UFSC, Diss. maestr. Educação.

6. CONTEMPORARY PHYSICS EDUCATION PROJECT. (1998) Disponível na Internet. <http://www-pdg.lbl.gov/cpep.html>.
7. CUPPARI, A., RINAUDO, G., ROBUTTI, O., VIOLINO, P. (1997) Gradual introduction of some aspects of quantum mechanics in a high school curriculum. *Physics Education*, Bristol, v. 32, n. 5, p. 302-308.
8. CYROT, M., PAVUNA, D. (1992) *Introduction to superconductivity and high- T_c materials*. Singapore: World Scientific.
9. DE POSADA APARICIO, J. M., PRIETO RUZ, T. (1990) Exploraciones gráficas de ideas extraescolares de los alumnos sobre radiactividad. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, v. 8, n. 2, p. 127-130.
10. FARMELO, G. (1992) Teaching particle physics in the open university's science foundation course. *Physics Education*, Bristol, v. 27, n. 2, p. 96-101.
11. FERMILAB. (1998) Discovering the nature of nature. Disponível na Internet. <http://www.fnal.gov/Fermilab>.
12. FISCHLER, H., LICHTFELDT, M. (1992) Modern physics and students' conceptions. *International Journal of Science Education*, London, v. 14, n. 2, p. 181-190.
13. GALETTI, D. (1990) Fusão nuclear com múons. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 7, n. 3, p. 203-211.
14. GIL, D. P., SENENT, F., SOLBES, J. (1988) Análisis crítico de la introducción de la física moderna en la enseñanza media. *Revista de Enseñanza de la Física*, Rosario, v. 2, n. 1, p. 16-21.
15. GIL, D. P., SENENT, F., SOLBES, J. (1987) La introducción a la física moderna: un ejemplo paradigmático de cambio conceptual. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, p. 209-210, n. extra.
16. GIL, D. P., SOLBES, J. (1993) The introduction of modern physics: overcoming a deformed vision of science. *International Journal of Science Education*, London, v. 15, n. 3, p. 255-260.

17. IRESON, G. (1996) Relativity at A-level: a looking glass approach. *Physics Education*, Bristol, v. 31, n. 65, p. 356-361.
18. JONES, D. G. C. (1992) Cosmology and particle physics. *Physics Education*, Bristol, v. 27, n. 2, p. 76-80.
19. LIJNSE, P. L., EIJKELHOF, H. M. C., KLAASSEN, C. W. J. M., SCHOLTE, R. L. J. (1990) Pupils' and mass-media ideas about radioactivity. *International Journal of Science Education*, London, v. 12, n.1, p. 67-78.
20. LINSTONE, A. H., TUROFF, M. (1975) *The Delphi Method: techniques and applications*. Reading, Massachusetts: Addison-Wesley, 646 p.
21. LUIZ, A. M. (1992) Aplicações de supercondutividade. São Paulo: Edgard Blücher.
22. MOREIRA, M. A. (1990) Um mapa conceitual para interações fundamentais. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, v. 8, n. 2, p. 133-139.
23. OSTERMANN, F. (1995) Prática de ensino em um curso de formação de professores: problemas e proposta de reformulação, a partir de um estudo exploratório. In: REUNIÓN NACIONAL DE EDUCACIÓN EN LA FÍSICA, 9., 1995. Salta. *Atas*. Salta: Asociación de Profesores de Física de la Argentina, p. 19-27, [Seção de Comunicações Oraís]
24. OSTERMANN, F. (1999) Um texto para professores do ensino médio sobre partículas elementares. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v.21, n.3, p. 415-436.
25. OSTERMANN, F. (2000) *Tópicos de Física Contemporânea em escolas de nível médio e na formação de professores de Física*. Porto Alegre: Instituto de Física – UFRGS, Tese dout. Física.
26. OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C.J.H. (1999) Física Moderna e Contemporânea no ensino médio: elaboração de material didático, em forma de pôster, sobre partículas elementares e interações fundamentais. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*. v.16, n.3, p. 267-286.
27. OSTERMANN, F., FERREIRA, L. M., CAVALCANTI, C. J. H.. (1998 a) Tópicos de física contemporânea no ensino médio: um texto para professores sobre

supercondutividade. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 20, n. 3, p. 270-288.

28. OSTERMANN, F. , FERREIRA, L. M. , CAVALCANTI, C. J. H. (1998 b) *Supercondutividade: uma proposta de inserção no ensino médio*. Porto Alegre: Instituto de Física – UFRGS.
29. OSTERMANN, F., MOREIRA, M. A. (1998) 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, 19p. [Seção de Comunicações Orais] 1 CD-Rom.
30. OSTERMANN, F.; MOREIRA, M.A (2000) Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “Física Moderna e Contemporânea no ensino médio”. *Investigações em Ensino de Ciências*. v.5, n.1.
31. PEREIRA, O. da S. (1997) *Raios cósmicos: introduzindo física moderna no 2º grau*. São Paulo: Instituto de Física e Faculdade de Educação – USP, Diss. maestr. Ensino de Ciências.
32. PINTO, A.C., ZANETIC, J. (1999) É possível levar a Física Quântica para o ensino médio? *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, v.16, n.1, p. 7-34.
33. PUREUR NETO, P. (1996) *Supercondutividade*. Porto Alegre: Curso de Pós-Graduação em Física – UFRGS. Notas de aula.
34. ROSE-INNES, A. C. RHODERICK, E. H. (1988) *Introduction to superconductivity*. Oxford: Pergamon.
35. SOLBES, J., CALATAYUD, M. L., CLIMENT, J. B., NAVARRO, J. (1987 a) Diseño de un currículum para la introducción del modelo atómico cuántico. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, v. 5, p. 209-210, n. extra.
36. _____. (1987 b) Errores conceptuales en los modelos atómicos cuánticos. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, v.5, n.3, p. 189-195.

37. STEFANEL, A. (1998) 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.
38. SWINBANK, E. (1992) Particle Physics: a new course for schools and colleges. *Physics Education*, Bristol, v. 27, n. 2, p. 87-91.
39. TERRAZZAN, E. A. (1992) 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.
- _____. (1994) *Perspectivas para a inserção de física moderna na escola média*. São Paulo: Curso de Pós-Graduação em Educação - USP, Tese.