

FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NA SALA DE AULA DO ENSINO MÉDIO

MODERN AND CONTEMPORARY PHYSICS IN THE HIGH SCHOOL CLASSROOM

Juliana Loch¹,
Nilson Marcos Dias Garcia²

¹ UFPR/Programa de Pós-Graduação em Educação-PPGE, lochju@yahoo.com.br

²UTFPR/Departamento Acadêmico de Física e Programa de Pós Graduação em Tecnologia e
UFPR/ Programa de Pós Graduação em Educação, nilson@ufpr.edu.br

Resumo

Com a intenção de entender o quanto as pesquisas acerca da inserção de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio têm conduzido a propostas de Ensino a serem efetivadas em sala de aula, foi analisada a produção acadêmica pertinente, publicada em artigos e dissertações, a partir de 2002, ano da publicação dos Parâmetros Curriculares Nacionais + para o Ensino Médio. A análise considerou, dentre outros, os seguintes aspectos: metodologia proposta, referencial teórico adotado e conteúdos sugeridos. Os trabalhos encontrados foram divididos em áreas consagradas da Física: Teoria da Relatividade, Mecânica Quântica, Física de Partículas e Supercondutividade, tendo uma maior concentração de trabalhos na primeira. Em relação à metodologia foi possível perceber que em sua maioria as propostas utilizam-se da História e Filosofia da Ciência, procuram contextualizar as atividades e fazem uso de diversos recursos de mídia na sua execução.

Palavras-chave: Física moderna e contemporânea; ensino médio, ensino de física, sala de aula.

Abstract

With the intention to understand how the research on the integration of modern and contemporary physics in high school have led to proposals for education to be teaching in the classroom, it examined the relevant academic production published in articles and dissertations from 2002, year of publication of the National Curriculum Parameters for High School +. The analysis found, among others, the following: proposed methodology, theoretical reference and suggested content. The works were divided into established areas of physics: Theory of Relativity, Quantum Mechanics, Physics of Particles and superconductivity, with a greater concentration of work at first. Regarding the methodology could realized that most of proposals take source from the history and philosophy of science, seeking contextualize the activities and make use of various media resources in their implementation.

Keywords: Modern and contemporary physics, education, Physics teaching, classroom.

INTRODUÇÃO

...se é verdade que a escola tem papel fundamental na constituição da sociedade, então essa escola terá que deixar de ser mero cenário burocrático na vida dos alunos e passar a ser um ambiente de formação para a autonomia, para se buscar saídas, e não para formatá-los de acordo com o mercado (RICARDO, 2004, p.171).

Reflexões como as que marcam a essência da epígrafe, levaram os responsáveis pela definição dos caminhos da educação nacional, na década de 1990, a um processo de reorganização do Ensino Médio (EM), consubstanciada pela publicação da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), de 1996, e de outros documentos dela decorrentes, tais como as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (DCNEM), os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNs), os PCNs + Ensino Médio, as orientações complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais e finalmente as Orientações Curriculares para o Ensino Médio.

Considerado documento fundamental para a organização da Educação brasileira, por tratar no disposto na LDB, as DCNEM, de acordo com Ricardo (2004, p. 175), “traduzem os pressupostos fundamentais da LDB/96, que estava em linguagem técnico legislativa para linguagem técnico-educacional” tornando-se um documento obrigatório.

Já os PCNs, os PCNs +, bem como as Orientações Curriculares para o Ensino Médio, ainda de acordo com esse autor, “servem de subsídios para os professores e escolas repensarem o ensino médio na perspectiva do que propõem a LDB e as DCNEM, não sendo, portanto, obrigatórios” (p. 174-175).

No entanto, nessas condições, a composição do conjunto de saberes propostos a serem ensinados leva à escolha de alguns conteúdos em detrimento de outros, principalmente para dar conta da composição dos diversos saberes presentes na matriz curricular do Ensino Médio.

No caso particular da Física, a atualização curricular tem levado a um movimento crescente de propor a inserção de conteúdos referentes à Física do século XX e início desse século, conhecidos como Física Moderna e Contemporânea (FMC)¹.

Uma das razões desse movimento é a interpretação de que esses conteúdos podem possibilitar aos estudantes uma leitura do mundo atual, o que torna esses conteúdos mais significativos aos olhos deles, permitindo ainda, mostrar aos estudantes a ciência como construção humana, que não está pronta e acabada, mas que é provisória e não neutra.

Apresentar para o estudante o processo histórico de construção do conhecimento, com os “múltiplos esforços, erros e vitórias pelos quais os homens passaram até chegar ao atual conhecimento” (GRAMSCI apud SEMERARO, 2001, 97-98), é muito importante, especialmente nas ciências, por permitir ao estudante uma visão mais próxima possível do fazer ciência, ou seja, que essa não é fruto de genialidade, mas de construção humana e histórica.

Tendo em vista tais reflexões, por entendermos que a atualização curricular só se faz na escola e na sala de aula, julgamos de relevante importância verificar, a partir da interpretação das pesquisas realizadas por investigadores do campo de ensino de Ciências e de Física, como essa perspectiva de atualização curricular tem acontecido nas salas de aulas, razão pela qual foi realizado o presente levantamento e análise de trabalhos que relatam

1 Uma divisão da Física em períodos é utilizada por Ostermann (2000): Física Clássica, iniciada com a síntese newtoniana até o final do séc. XIX; Física Moderna, até a década de 1940; Física Contemporânea, da década de 1940 até os dias de hoje.

resultados e experiências de propostas de atividades em sala de aula de como ensinar Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio.

FUNDAMENTAÇÃO LEGAL

A LDB, no Art 35, item III, menciona como finalidade do Ensino Médio “a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina.” E no Art. 36, item I, referente aos conteúdos, especifica que eles devem contemplar o “domínio dos princípios científicos e tecnológicos que presidem a produção moderna”.

Os PCNs de Ciências da Natureza e suas tecnologias, por sua vez, apontam que “como cada ciência, que dá nome a cada disciplina, deve também tratar das dimensões tecnológicas a ela correlatas, isso exigirá uma atualização de conteúdos ainda mais ágil, pois as aplicações práticas têm um ritmo de transformação maior que o da produção científica.” (PCNs, 2002, p. 209), podendo se depreender que não é possível um currículo estagnado, já que as ciências estão em constante evolução.

Em relação aos PCNs +, na parte destinada especificamente para a Física, a defesa por uma atualização curricular não é diferente, e destes destaca-se o tema estruturador “Matéria e Radiação”, composto pelas unidades temáticas matéria e suas propriedades; radiações e suas interações; energia nuclear e radioatividade; eletrônica e informática, que, para serem contempladas, torna-se necessário que a proposta curricular apresente conteúdos atuais da Física, aqui denominados Física Moderna e Contemporânea.

Diante disso, fica evidente a necessidade de uma atualização curricular na Física no Ensino Médio, não somente por força de lei, mas principalmente por entender como importante para a formação do jovem.

Essa percepção, por refletir uma preocupação com as condições de formação da juventude brasileira, tem estado presente nas investigações dos pesquisadores do campo de pesquisa em Ensino de Física muito antes da publicação da LDB/96, que têm chamado a atenção para uma atualização curricular, preocupando-se com um ensino de Física que contribua de fato para a formação de um cidadão atuante na sociedade moderna, como, por exemplo, o já destacado por Terrazzan em 1992:

A influência crescente dos conteúdos de Física Moderna e Contemporânea para o entendimento do mundo criado pelo homem atual, bem como a inserção consciente, participativa e modificadora do cidadão neste mesmo mundo, define, por si só, a necessidade de debatermos e estabelecermos as formas de abordar tais conteúdos na escola de 2º grau. (TERRAZAN, 1992, p. 210).

ENCAMINHAMENTOS DA PESQUISA

Com o objetivo de identificar e analisar trabalhos que investigam como as propostas de inserção de Física Moderna e Contemporânea (FMC) chegam às salas de aula no Ensino Médio, foi realizada a presente revisão de literatura que teve como objetivo prioritário identificar propostas de ensino que apresentam o encaminhamento e a maneira como os conteúdos de FMC foram explorados em sala de aula do Ensino Médio, bem como os resultados obtidos.

Num primeiro momento da investigação, foram identificados artigos e dissertações que tratavam, de maneira geral, sobre a inserção de FMC. A consulta deu-se em periódicos disponíveis online: Ciência e Ensino; Ciência & Educação; Caderno Brasileiro de Ensino de

Física e Revista Brasileira de Ensino de Física, no site da Capes² e nos bancos de dissertações e teses defendidas dos sites dos Programas de Pós Graduação.

Para a busca das dissertações as seguintes palavras chave foram utilizadas: ensino de física, física contemporânea, física moderna, supercondutividade, supercondutividade no ensino médio, relatividade, relatividade restrita, relatividade no ensino médio, teoria da relatividade, teoria da relatividade geral no ensino médio, teoria da relatividade restrita no ensino médio, física quântica, física quântica no ensino médio, dualidade da luz no ensino médio, princípio de Heisenberg, currículo de física, atualização curricular, atualização curricular de física, atualização curricular e formação de professores, ensino de física moderna, ensino de física moderna no ensino médio, ensino de física contemporânea no ensino médio, ensino de física contemporânea, física moderna e contemporânea no ensino médio, equivalência massa-energia no ensino médio.

A pesquisa foi realizada a partir da publicação dos PCN +: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais, em 2002, documento escolhido por nele aparecer a FMC nos temas estruturadores e nas unidades temáticas.

Dos trabalhos encontrados foi tomado como base o resumo, com vistas à segunda etapa da investigação, que consistiu na análise daqueles que relatavam propostas de ensino efetivadas em sala de aula.

ANÁLISE DOS TRABALHOS

Os resultados encontrados foram agrupados por áreas consagradas da Física, chamando a atenção o fato de que a maior parte deles se refere a propostas de ensino da Relatividade, aparecendo em menor número trabalhos sobre Mecânica Quântica e apenas um sobre Partículas Elementares e Supercondutividade. Dada a natureza do presente trabalho, apesar de serem apresentados todos os trabalhos identificados, por limitação de espaço, apenas de alguns deles serão tecidos comentários.

Teoria da Relatividade

Inicia-se com a tese de doutorado (2006) intitulada “Construção de conceitos de física moderna e sobre a natureza da ciência com o suporte da hipermídia”, que tem também um artigo de mesmo nome publicado na Revista Brasileira de Ensino de Física (MACHADO; NARDI, 2006).

O propósito dos autores foi utilizar-se da hipermídia para ensinar Física Moderna, em especial a Teoria da Relatividade, com foco na equivalência massa e energia. Para isso foram criados hipertextos que levam em consideração a História e Filosofia da Ciência com enfoque Ciência Tecnologia e Sociedade (CTS) e que procuram fazer a transição entre a Física Clássica e a Física Moderna, tendo como teoria de fundo a aprendizagem significativa de Ausubel.

O resultado da construção do software educacional foi testado em uma turma de terceiro ano do Ensino Médio de uma escola pública. Para avaliação do material e da aprendizagem dos estudantes vários instrumentos foram aplicados, como pré e pós-testes, atividades exigidas pelo software que deveriam ser respondidas por escrito durante o curso e entrevistas concedidas pelos alunos ao final do curso.

Os pesquisadores concluem que o computador é motivador, que o conteúdo na hipermídia estava acessível aos estudantes e que as imagens auxiliaram na aprendizagem. E ainda, o fato de ter apresentado a Física Moderna a partir da Física Clássica facilitou que os

²Porém, vale destacar que algumas dissertações encontradas na CAPES, não estão disponibilizadas na íntegra na Instituição em que foram produzidas.

estudantes percebessem a ciência em evolução.

Um segundo artigo, denominado “Teoria da relatividade restrita e geral no programa de mecânica do Ensino Médio: uma possível abordagem” (GUERRA; BRAGA; REIS, 2007), teve por finalidade apresentar uma abordagem da relatividade restrita e geral no EM, a partir da história e filosofia da ciência.

A proposta curricular em questão foi aplicada em uma escola federal. Tendo como tema central uma discussão em torno das contribuições de Galileu para a Cinemática, numa perspectiva histórico-filosófica, considerando que a Física deve-se dar dentro do contexto social em que a ciência foi produzida. Para auxiliar na discussão histórica foi utilizado o filme *O Nome da Rosa*.

Os resultados da pesquisa são todos qualitativos, registrados pelo professor ao longo das aulas, desde suas impressões até o comportamento dos alunos e questões por eles levantadas. Esses registros mostraram a possibilidade de inserção da Teoria da Relatividade Restrita no primeiro ano do EM, sem que fosse dado à teoria um aspecto de conteúdo a parte, como um apêndice do conteúdo já estabelecido para esta série.

O artigo “Tempo relativístico no início do Ensino Médio” (KARAM; CRUZ; COIMBRA, 2006), com a intenção de apresentar ao aluno um tempo diferente do tempo da mecânica clássica, também apresenta uma experiência da inserção da Teoria de Relatividade Restrita no primeiro ano do Ensino Médio (EM). Inicialmente, o trabalho traz um breve histórico sobre o conceito de tempo e ressalta o quanto este conceito é complexo, chamando a atenção para a maneira simplificada como ele é apresentado nas aulas de Física do EM, ou mesmo a maneira como aparece nos livros didáticos, totalmente descompassado da sua evolução histórica.

A proposta foi desenvolvida em 10 aulas com alunos da primeira série de uma escola pública, contemplando os seguintes conteúdos: princípio da relatividade, noções de tempo, magnitude da velocidade da luz, experiência de Michelson-Morley, os dois postulados da Relatividade Restrita e suas conseqüências. Com a intenção de verificar a aprendizagem desses conceitos, foram realizados com os estudantes pré-teste e pós-teste para perceber a evolução conceitual.

O autores concluem dizendo que o livro didático contribui para que o estudante forme um conceito de tempo absoluto da cinemática clássica, tornando-se assim um obstáculo para o entendimento da noção relativística e sendo, provavelmente, um dos motivos da resistência inicial dos alunos para a aceitação de um tempo diferente do que o conhecido por eles, o tempo da cinemática clássica.

Outro artigo, “Relatividades no ensino médio: o debate em sala de aula”, dos mesmos autores anteriores (KARAM; CRUZ; COIMBRA, 2007), propõe uma seqüência didática para abordar a teoria da relatividade restrita no ensino médio, testada com estudantes do primeiro ano.

A escolha pelo tema é justificado pelos autores, em grande parte, devido ao fato dele não ser tratado em aulas e nem em livros de Física destinados ao ensino médio. A dinâmica da seqüência se deu basicamente a partir de debates realizados em sala de aula, conduzidos pelo professor. E através de aplicação de testes antes e depois das aulas foi possível constatar a evolução das idéias dos estudantes.

Ainda Karam (2005), em seu trabalho de mestrado, desenvolve um módulo didático, tendo como conteúdo a Teoria da Relatividade Restrita a partir dos conceitos da Mecânica Clássica, tempo relativístico e referencial. Para elaboração do módulo didático, o autor tomou por base os três momentos pedagógicos de Angotti e Delizoicov (1991).

O trabalho utilizou como referencial de análise a teoria sócio-interacionista de Vygotsky e para a concepção de aprendizagem o modelo de Mortimer (1994) do perfil conceitual. O módulo elaborado, foi dividido em 5 unidades/aulas, das quais a primeira trazia

uma problematização do conteúdo a partir dos fundamentos da relatividade galileana. Para as demais unidades foram utilizados recursos, como vídeos e o histórico da relatividade. O módulo foi aplicado primeiramente num estudo piloto, o qual permitiu a reformulação do módulo para uma segunda aplicação.

Com a intenção de identificar as pré-concepções dos estudantes acerca do conceito de tempo foi aplicado um pré-teste, e com objetivo de perceber a evolução conceitual dos estudantes foi aplicado um pós-teste. Este possibilitou verificar uma evolução significativa do perfil conceitual dos estudantes. Os resultados apontaram ainda que os momentos pedagógicos mostraram-se eficazes.

Kohnlein (2003), em seu trabalho de mestrado, o qual foi publicado com o mesmo título no Caderno Brasileiro de Ensino de Física - “Uma Discussão sobre a natureza da Ciência no ensino médio: um exemplo com a teoria da relatividade restrita” (KOHNLEIN; PEDUZZI, 2005) pauta-se nos PCNs (1999) para a elaboração de um módulo didático sobre a Teoria da Relatividade Restrita que leve em consideração a natureza da ciência. Esse módulo foi proposto, da mesma forma que o trabalho de Karam (2005), a partir dos três momentos pedagógicos de Angotti e Delizoicov (1992).

Conforme mencionado, o módulo preocupava-se com a natureza da ciência, e é a partir desse ponto que o módulo se inicia, seguido pela concepção empirista-indutivista da Ciência; limitações dessa concepção; Física Clássica: mecânica newtoniana; limites da Física Clássica para a Física Moderna; Física Moderna: mecânica relativística; biografia de Albert Einstein, finalizando com a Natureza da Ciência a fim de perceber a evolução dos estudantes com relação às suas concepções iniciais.

Foram realizados pré e pós – testes versando sobre a natureza da Ciência. Como análise dos resultados deixamos a palavra com os autores:

O módulo didático centrado em aspectos históricos e filosóficos da Teoria da Relatividade Restrita, planejado sob a perspectiva dos três momentos pedagógicos de Angotti e Delizoicov [...], mostrou-se uma estratégia bastante positiva, capaz de envolver o aluno nas discussões em sala de aula e promover o seu interesse. (KOHNLEIN; PEDUZZI, 2005 p.63).

E ainda,

O questionário aplicado na primeira etapa revelou que, na maioria das questões, as idéias dos alunos estavam em grande parte inspiradas na corrente empirista-indutivista. Após as atividades desenvolvidas (ou seja, na segunda etapa), constatou-se que as respostas ao instrumento apresentaram, de uma forma geral, uma diferença considerável. Além de optarem por uma visão mais próxima da filosofia construtivista, notou-se que houve um aprimoramento nos argumentos utilizados, que receberam a influência de vários aspectos discutidos em sala de aula. (KOHNLEIN; PEDUZZI, 2005, p.64).

Os mesmos afirmaram que o trabalho desenvolvido por eles não é uma receita, mas um material que pode resultar em reflexões para a necessidade de uma nova direção para o ensino de Física, no sentido de uma atualização curricular (KOHNLEIN; PEDUZZI, 2005).

Carlos Magno Lima Fernandes e Silva (2006), em seu trabalho de mestrado “Uma proposta para o ensino da teoria da relatividade especial no nível médio”, alegando a falta de material para esse nível de ensino, inicialmente produziu um módulo didático para então elaborar uma proposta de ensino da Teoria da Relatividade Especial (TRE).

A produção do módulo didático iniciou-se com um questionário aplicado a estudantes

com a intenção de levantar as concepções prévias. A partir dessas foi elaborada uma situação problema para iniciar o ensino da TRE. Dando sequência ao trabalho foi realizada uma revisão dos conceitos da Mecânica Clássica - espaço, tempo, massa, energia, referencial, transformação de Galileu para coordenadas e velocidade, medidas de intervalo de tempo e de comprimento.

Para as aulas subsequentes foram propostas situações problema não possíveis de serem resolvidas pela Física Clássica, o que levou à necessidade de introdução de novos conhecimentos para sua resolução. Além da problematização destaca-se ainda, como estratégias de ensino, a História e Filosofia da Ciência e concepções prévias dos estudantes.

O autor deste trabalho afirma que, em relação à aceitação de conteúdos atuais por parte dos estudantes, foi confirmado já enunciado por outras pesquisas presentes na literatura, de que o ensino da TRE é motivador para os estudantes.

Também em relação à inserção da TRE foi encontrado o trabalho de Jeferson Fernando de Souza Wolff (2005), “O ensino da relatividade especial no nível médio: uma abordagem histórica e conceitual”, que consistiu na aplicação de uma proposta de ensino para o terceiro ano de ensino médio, dentro da grade curricular.

A proposta de ensino elaborada pelo pesquisador foi aplicada pelo professor da escola participante da pesquisa. Ela continha um texto histórico conceitual da TRE e um manual para o professor. A pesquisa também contou com pré e pós testes, e estava amparada na teoria histórico-cultural de Vygotsky e aprendizagem significativa de Ausubel e Novak.

Como resultado desta proposta, levantado pelo autor, destaca-se o papel fundamental que teve a história da ciência para o entendimento, por parte dos estudantes, da transição da Física Clássica para a Física Moderna.

Conforme já anunciamos, por uma questão de espaço, não será possível tecer comentários de todos os trabalhos encontrados. No entanto, para o ensino da Teoria da Relatividade foi encontrada ainda a dissertação de Borges (2005) intitulada “Física Moderna e Contemporânea: uma experiência didática com a teoria da relatividade restrita”, e também “Uma introdução conceitual à relatividade especial no ensino médio”, dissertação de mestrado de autoria de Maria Inês Castilho (2005), o que evidencia uma grande quantidade de trabalhos voltados para o ensino da teoria da relatividade.

Mecânica Quântica

Iniciamos com o trabalho de Rogério Avila Chiarelli (2006), “Física Moderna e Contemporânea no ensino médio: é possível abordar conceitos de Mecânica Quântica”, que propõe a abordagem, de forma conceitual, numa turma de terceiro ano do ensino médio, dos seguintes conceitos da Mecânica Quântica: dualidade, princípio da incerteza, caráter probabilístico de resultados de medida, superposição de estados (gato de Schrödinger).

Na sala de aula, conforme o autor, foram necessários alguns recursos, tais como apresentação em Power Point, para o ensino do problema da dupla fenda e do gato de Schrödinger, e apresentação de vídeos para os demais conceitos.

O marco teórico da pesquisa é a aprendizagem significativa de Ausubel, as técnicas de mapas conceituais de Novak para perceber a compreensão por parte dos estudantes dos conceitos, além do perfil epistemológico de Bachelard para análise de pré e pós testes que foram aplicados.

Para o autor o resultado foi considerado positivo, pois foi possível o ensino da mecânica quântica no ensino médio. Ele, porém, aponta como uma dificuldade a falta de hábito de leitura dos estudantes.

O segundo trabalho encontrado para o ensino da mecânica quântica foi o de Sonza (2007), “Uma introdução de tópicos de Física Moderna no Ensino”, que aborda conteúdos

diferentes do primeiro, quais sejam: Radiação Solar; Radiação dos corpos; Efeito fotoelétrico; Dualidade Onda-Partícula.

Ele foi desenvolvido pela autora em duas etapas. Na primeira foi aplicada um questionário a professores de Santa Maria/RS e região. A partir das respostas obtidas, a autora analisou os livros didáticos utilizados por esses professores e os currículos das escolas que eles lecionavam.

Na segunda etapa, partindo dos resultados da primeira, foi elaborado um módulo didático de cinco aulas, sendo aplicado a um segundo ano do EM. Para a elaboração das cinco aulas foram utilizados recursos variados, como livros didáticos para o ensino médio e para a graduação, sites e artigos científicos. Durante as aulas expositivas (sempre acompanhadas de questionamentos para instigar a participação dos estudantes nas aulas) utilizou-se de apresentações com Power Point, principalmente para as figuras.

A receptividade dos estudantes pelos conteúdos, conforme se depreende do texto a seguir, foi avaliada pela autora como muito boa:

Uma das grandes recompensas deste trabalho foi a mudança de atitude observada nos alunos a cada novidade que lhes era apresentada, seu interesse, e, no último encontro, o pedido dos alunos para que houvesse mais aulas com aqueles conteúdos e metodologias. (SONZA, 2007, p.64).

Como referencial teórico do trabalho utilizou-se da teoria da aprendizagem de Piaget e considerou o processo de ensino e aprendizagem segundo Ausubel.

Para além dos conceitos, Carvalho Neto (2006), em seu trabalho intitulado “Aspecto preditivo da Mecânica Clássica e da Mecânica Quântica: uma proposta teórico-metodológica para alunos do ensino médio” faz uma proposta de ensino que considera aspectos preditivos das Mecânicas Clássica e Quântica, porém preocupando-se com os conceitos envolvidos e com a natureza da ciência. O estudo foi aplicado, reelaborado e aplicado novamente em um terceiro ano do Ensino Médio. Utilizou-se de entrevistas para pré-testes, e pós-teste com intenção de verificar a aprendizagem significativa, já que seu trabalho tinha como referencial David Ausubel.

Como recurso de aula, foi utilizado vídeo. O vídeo apresentado era de um experimento real, no qual é possível perceber um padrão de interferência. A idéia da apresentação do vídeo era aproximar a visão do estudante com a fenomenologia quântica, focando no aspecto preditivo probabilístico da mecânica quântica. Logo, o objetivo do trabalho estava para além da aprendizagem dos conceitos da Mecânica Quântica, indo em direção de um entendimento e percepção por parte dos estudantes, dos aspectos preditivos desta. Nas palavras do autor:

Destaca-se como resultado principal da pesquisa a aprendizagem significativa acerca do aspecto preditivo intrinsecamente probabilístico da Mecânica Quântica, mesmo para eventos individuais, como na interferência dos elétrons, jogados um a um, no experimento da dupla fenda, realizada no Japão (Tonomura, et al, 1989). Isso expressou, a nosso ver, um importante avanço na percepção de uma fenomenologia propriamente quântica e uma reflexão mais crítica acerca das limitações do determinismo clássico implícito na segunda lei de Newton. (CARVALHO NETO, 2006, p. 132).

Para o ensino de conceitos da Mecânica Quântica foram encontrados ainda os seguintes artigos: “Atividades de modelagem exploratória aplicada ao ensino de física moderna com a utilização do objeto de aprendizagem pato quântico” (SALES; VASCONCELOS; CASTRO FILHO; PEQUENO, 2008), publicado na Revista Brasileira de

Ensino de Física. E o artigo intitulado *Teaching the foundations of quantum mechanics in secondary school: a proposed conceptual structure* (FANARO; OTERO; ALERGO, 2009), publicado na *Investigação em Ensino de Ciências*. E também a dissertação de Guilherme Brockington (2005), intitulada “A realidade escondida: a dualidade onda-partícula para estudantes do ensino médio.

Física de Partículas

Maxwel Roger da Purificação Siqueira (2006) desenvolveu uma proposta de um curso de Física de Partículas, em seu trabalho de mestrado - “Do visível ao indivisível: uma proposta de física de partículas elementares para o ensino médio - que por sua vez é aplicado a alunos do Ensino Médio por professores da cidade de São Paulo. A estrutura do curso elaborado foi analisada sob o referencial da transposição didática.

Para construção das atividades utilizou-se dos seguintes recursos: textos, simulações, animações e História da Ciência, com objetivo de trabalhar a constituição da matéria até o modelo padrão das partículas elementares. Para isso foi proposto o desenvolvimento dos seguintes conceitos: partículas elementares, antipartículas, mensageiros das interações, descrição do modelo padrão, tendo como preocupação a natureza da ciência.

A primeira sequência proposta e aplicada partia do campo eletromagnético (mundo macroscópico) para o microscópico. Esta sequência, de acordo com o autor, por ter apresentado algumas dificuldades na aplicação, especialmente na transição da Física Clássica para a Moderna, foi reestruturada, partindo do que ficou subentendido que seria mais próximo do cotidiano dos estudantes – radiações (raios -X). A nova sequência, por temas, foi assim proposta: radiações; ordem de grandeza; modelos atômicos e a experiência de Rutherford; a estabilidade do núcleo (radiação e a Força Forte); Lattes e os mésons; modelo dos quarks; Neutrino e a radiação β ; As novas leis de conservação, antimatéria e antipartículas; uma nova concepção do campo eletromagnético; diagrama de Feynman; as partículas: bósons e férmions. E ao final dessa nova sequência o autor afirma que “...foi possível aplicar um pouco sobre a Ciência atual, discutindo aspectos como validação de teorias, o papel dos modelos para a Ciência e buscando alterar um pouco a concepção estereotipada da Ciência” (SIQUEIRA, 2006, p. 155).

Supercondutividade

Assim como na área de Física de partículas, apenas um trabalho abordando o tema da Supercondutividade foi encontrado. O trabalho é uma dissertação de mestrado de autoria de Carla Beatriz Sphor (2008) - “O tema da supercondutividade no nível médio: desenvolvimento de material hiperfíndia fundamentado em epistemologias contemporâneas”.

A idéia central foi trabalhar a supercondutividade a partir de uma página de internet, criada pela pesquisadora, fundamentada em epistemologias contemporâneas: Popper, Kuhn, Lakatos e Laudan.

A proposta de ensino considerou a natureza da ciência e contemplou os seguintes conteúdos: modelo de metal, corrente elétrica, resistividade elétrica, supercondutor x condutor perfeito, materiais supercondutores, indução eletromagnética – Lei de Faraday, propriedade do estado supercondutor, resistividade nula, efeito meissner, levitação magnética, transição do estado normal para o estado supercondutor como uma mudança de estado físico, Teoria BCS, resistividade nula e pares de cooper, o efeito colchão, aplicações e transmissão de potência.

As aulas foram ministradas para o terceiro ano do EM, e estão descritas e comentadas uma a uma na dissertação. A teoria de Vigotski é utilizada como referencial para a análise do processo de ensino aprendizagem dos estudantes durante o desenvolvimento das aulas.

A página produzida e utilizada como principal recurso nas aulas, segundo a autora, “mostrou-se um material didático capaz de envolver o aluno em discussões interessantes durante a aula e contribuir para sua motivação em aprender Física.” (Sphor, 2008, p. 121).

CONSIDERAÇÕES

Com esse levantamento foi possível perceber a carência, no período considerado, de propostas de ensino em algumas áreas da FMC, tais como Física de partículas e Supercondutividade, para os quais foi encontrado apenas um trabalho para cada área. Por outro lado, chama também a atenção a presença de um número significativo de propostas de ensino para a Teoria da Relatividade.

Apesar dessa disparidade, percebe-se, em quase todas elas, uma preocupação dos autores em considerar a natureza da ciência, assim como a História e Filosofia da Ciência, o que permite que o estudante tenha uma visão mais próxima possível do desenvolvimento e construção da ciência.

Apesar de ainda ser bastante presente, nos trabalhos analisados, a proposta de “pendurar” os conteúdos de FMC como conteúdos à parte, ora no primeiro ano ora no terceiro ano do EM, é possível perceber uma tendência, em termos de metodologia, da utilização de conceitos da História e Filosofia da Ciência assim como de recursos audiovisuais para o seu desenvolvimento.

Essa revisão nos permitiu detectar a carência de trabalhos em algumas áreas da FMC, que mostrem para os professores do EM um caminho seguro para a inserção desses conteúdos e possibilitem uma atualização curricular consistente. “visto que para muitos jovens essa é a única possibilidade de aproximação com o que é produzido no século XX e neste século” (LOCH; GARCIA, 2009, p.7).

Sendo assim, concorda-se com Ostermann e Moreira, para quem “é fundamental investir na produção de materiais didáticos sobre temas de FMC acessíveis aos professores e aos alunos de nível médio” (2001, p.145).

Por fim, foi possível constatar que as pesquisas acerca da inserção de FMC têm evoluído, uma vez que parece terem passado da fase de justificativas para a construção de propostas para ensinar conteúdos de FM e FC passíveis de serem de fato efetivadas, e mais importante, deixando de serem mera especulação teórica para passarem a ser aplicações em sala de aula.

REFERÊNCIAS

BORGES, M. D. **Física Moderna e Contemporânea: uma experiência didática com a teoria da relatividade restrita**. Dissertação de Mestrado. Porto Alegre, 2005.

BRASIL. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**. Lei n. 9394 de 20 de dezembro de 1996.

_____. **Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**, Resolução CEB n.3 de 26 de junho de 1998.

_____. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica, Brasília, **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Brasília: MEC/SEMTEC, 2002.

_____. **PCNEM + Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. Secretaria de Educação Média e Tecnológica – Brasília: MEC; SEMTEC, 2002.

_____. **Orientações curriculares para o ensino médio: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. Secretaria da Educação Básica. Brasília: MEC/SEMTEC, 2006.

- BROCKINGTON, G. **A realidade escondida: a dualidade onda-partícula para estudantes do ensino médio.** Dissertação de Mestrado. São Paulo, 2005.
- CARVALHO NETO, R. A. **Aspecto preditivo da Mecânica Clássica e da Mecânica Quântica: uma proposta teórico-metodológica para alunos do ensino médio.** Dissertação de Mestrado. Salvador, 2006.
- CASTILHO, M. I. **Uma introdução conceitual à relatividade especial no ensino médio.** Dissertação de mestrado. Porto Alegre, 2005.
- CHIARELLI, R.A. **Física Moderna e Contemporânea no ensino médio: é possível abordar conceitos de Mecânica Quântica.** Dissertação de Mestrado. Porto Alegre, 2006.
- FANARO, M. de los A ; OTERO, M.R.; ARLEGO, M. Teaching the foundations of quantum mechanics in secondary school: a proposed conceptual structure. In: **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 14, 2009. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/ienci>. Acesso em: maio/2009.
- GUERRA, A.; BRAGA, M.; REIS, J.C. Teoria da relatividade restrita e geral no programa de mecânica do ensino médio: uma possível abordagem. In: **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n.4, p. 575-583, (2007). Disponível em: www.sbfisica.org.br. Acesso em: Julho/2008.
- KARAM, R. A. S. **Relatividade restrita no início do ensino médio: elaboração e análise de uma proposta.** Dissertação de Mestrado. Florianópolis, 2005.
- KARAM, R. A. S.; CRUZ, S. M. S. C. de COIMBRA, D. Tempo relativístico no início do Ensino Médio. In: **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 28, n.3, p. 373-386, 2006. Disponível em: www.sbfisica.org.br. Acesso em: Julho/2008.
- KARAM, R. A. S.; CRUZ, S. M. S. C. de S. COIMBRA, D. Relatividades no Ensino Médio: o debate em sala de aula. In: **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n.1, p. 105-114, 2007. Disponível em: www.sbfisica.org.br. Acesso em: Julho/2008.
- KÖHNLEIN, J. F. K.; PEDUZZI, L. O. Q. Uma discussão sobre a natureza da ciência no Ensino Médio: um exemplo com a teoria da relatividade restrita. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 22, n. 1: p. 36-70, abr. 2005.
- KÖHNLEIN, J. F. K. **Uma discussão sobre a natureza da ciência no ensino médio: um exemplo com a teoria da relatividade restrita.** Dissertação de Mestrado. Florianópolis, 2003.
- LOCH, J.; GARCIA, N.M.D. Física Moderna e Contemporânea no planejamento dos professores de Física das Escolas Públicas do Estado do Paraná. In: **Simpósio Nacional de Ensino de Física**. XVIII, 2009. Vitória. Atas.
- MACHADO, D. I. **Construção de conceitos de Física Moderna e sobre a natureza da ciência com o suporte da hipermídia.** Tese de Doutorado. Bauru, 2006.
- MACHADO, D. I. NARDI, R. Construção de conceitos de física moderna e sobre a natureza da ciência com o suporte da hipermídia. In: **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.28, n.4, p.473-485, 2006. Disponível em: www.sbfisica.org.br. Acesso em: março/2009.
- OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “física moderna e contemporânea no ensino médio”. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 5, n. 1, mar. 2000. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/ienci>. Acesso em: Julho/2008.
- _____. 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 professores. In: **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.18, n.2, p. 135 – 151, Ago.

2001.

RICARDO, E. C. Física. In: **Orientações Curriculares do Ensino Médio**. MEC: Brasília, 2004.

SALES, G. L.; VASCONCELOS, F. H. L.; CASTRO FILHO, J. A. de; PEQUENO, M. C. Atividades de modelagem exploratória aplicada ao ensino de física moderna com a utilização do objeto de aprendizagem pato quântico. In: **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 30, n. 3, 2008. Disponível em: www.sbfisica.org.br. Acesso em: março/2009.

SEMERARO, G. Anotações para uma teoria do conhecimento em Gramsci. In: **Revista Brasileira de Educação**, Jan/Fev/Mar/Abr, n. 16, 2001. Disponível em: www.anped.org.br. Acesso em: julho/2008.

SILVA, C. M. L. F. **Uma proposta para o ensino da teoria da relatividade especial no nível médio**. Dissertação de Mestrado. Natal, 2006.

SIQUEIRA, R. da P. **Do visível ao indivisível: uma proposta de física de partículas elementares para o ensino médio**. Dissertação de Mestrado. São Paulo, 2006.

SONZA, A. P. **Uma introdução de tópicos de Física Moderna no Ensino Médio**. Dissertação de Mestrado. Santa Maria, 2007.

SPHORC.B. **O tema da supercondutividade no nível médio: desenvolvimento de material hiperfíndia fundamentado em epistemologias contemporâneas**. Dissertação de Mestrado. Porto Alegre: 2008

TERRAZZAN, E. A. A inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino de Física na escola de 2 ° grau. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v.9,n.3: p.209-214, dez.1992.

WOLFF, J. F. de S. **O ensino da relatividade especial no nível médio: uma abordagem histórica e conceitual**. Dissertação de Mestrado. Porto Alegre, 2005.