

REVISANDO MATERIAIS DE ENSINO MÉDIO SOBRE O TEMA FÍSICA DE PARTÍCULAS ELEMENTARES.*

A REVIEW OF MEDIUM DEGREE TEACHING MATERIAL ABOUT ELEMENTARY PARTICLE PHYSICS*

Maxwell Siqueira¹
Maurício Pietrocola²

¹Universidade de São Paulo/Instituto de Física-Faculdade de Educação, maxwell@if.usp.br

²Universidade de São Paulo/ Faculdade de Educação, mpietro@usp.br

RESUMO

Este trabalho traz uma revisão bibliográfica dos recursos sobre o ensino de Física de Partículas no ensino médio, categorizados em livros didáticos, projetos de Física, artigos de ensino de Física, sites e textos de divulgação científica.

Um dos objetivos do trabalho é mostrar aos professores que se interessam pela a inserção de Física de Partículas no ensino médio, os recursos que servem de apoio para eles, tanto no sentido de busca de conhecimento mais aprofundado do assunto, quanto no de preparar as aulas com atividades, exercícios e textos e esse material, muitas vezes é de qualidade, porém não é de conhecimento de todos.

Palavras-chave: ensino de Física moderna e contemporânea.

ABSTRACT

A bibliographical review for Physics of Particles in the Medium Degree Teaching is made by this article. Text books, Physics Teaching Projects, sites and papers of scientific divulgation has been classified.

As one of our objectives, we try to expose material that can act as resources for teachers that are interested in the insert of Physics of Particles at Medium Degree Teaching.

Keywords: teaching of modern and contemporary Physics.

1- INTRODUÇÃO

Já há algum tempo, aproximadamente duas décadas, vem sendo discutindo entre professores e pesquisadores em ensino e até mesmo entre os físicos, a relevância da inserção da Física Moderna e Contemporânea no ensino médio nas escolas do Brasil.

Essa discussão ganhou mais força quando foi sancionada, em 20 de dezembro de 1996, a lei de diretrizes e bases (LDB) do ensino básico (ensino fundamental e médio) nacional, colocando alguns objetivos para este ensino. Dentre eles, a necessidade de renovação curricular, visando os aspectos mais modernos da ciência. Podemos destacar nesta lei, as competências que os alunos devem ter ao concluir o ensino médio:

* Apoio Capes

“Os conteúdos, as metodologias e as formas de avaliação serão organizados de tal forma que ao final do ensino médio o educando demonstrara:

- I – domínio dos princípios científicos e tecnológicos que presidem a produção moderna;
- II – conhecimento das formas contemporâneas de linguagem;
- III – domínio dos conhecimentos de Filosofia e de Sociologia necessária ao exercício da cidadania.” (PCN, 99, p.31)

Esses parâmetros serviram para reforçar a necessidade de atualização e renovação do currículo de Física no E.M., que era algo que vinha sendo discutido e apontado por vários pesquisadores na área de ensino de Física no Brasil (Terrazzan, 1994; Valadares e Moreira, 1998; Pinto e Zanetic, 1999).

Muitos pesquisadores vêem a necessidade de renovação do currículo de Física ligada ao desenvolvimento de novas tecnologias, de tal forma que o ensino de uma física contemporânea, possa fazer que os jovens compreendam melhor os fenômenos ligados às situações vividas por ele no cotidiano.

“É imprescindível que o estudante do segundo grau conheça os fundamentos da tecnologia atual, já que atua diretamente em sua vida e certamente definirá o seu futuro profissional. Daí a importância de se introduzir conceitos básicos da Física Moderna e, em especial, de se fazer uma ponte entre a física da sala de aula e a física do cotidiano.” (VALADARES e MOREIRA, 1998, p.121)

Mas essa discussão não se restringe somente aqui no Brasil, vários outros países, como os Estados Unidos e Inglaterra, também estão tendo a preocupação de levar para o ensino médio, uma Física mais atual, na tentativa de torná-la mais conectada com as tecnologias modernas da sociedade, levando talvez, a um maior interesse do aprendizado do aluno (Aubrecht, 1989; Stannard, 1990; Swinbank, 1992).

Desta forma, tem-se, quase um consenso que a FMC deveria ser levada para o ensino médio, mas quais seriam os tópicos a serem inseridos? É preciso que pesquisadores em conjunto com professores delimitem quais tópicos de FMC devem ou podem ser abordados no EM.

Na necessidade de, possivelmente, definir os tópicos de FMC, Stannard, 1990 e Kalmus, 1992, relatam um levantamento feito com alunos iniciantes na universidade, mostrando que tópicos como relatividade restrita, partículas elementares, teoria quântica e astrofísica estão entre as principais influências para os alunos na escolha da carreira que irão seguir nas universidades.

Um levantamento desse tipo, também foi feito no Brasil, relatado no trabalho de Ostermann e Moreira, 2000. Foram feitas entrevistas com 54 físicos, 22 pesquisadores em ensino de Física e 22 professores de Física do ensino médio, através da técnica Delphi (Ostermann e Moreira, 1998) para que os entrevistados apontassem quais seriam os tópicos que deveriam ser levados para o EM. Essa entrevista foi feita em três momentos, chegando a seguinte relação de tópicos de FMC que poderiam ser inseridos no ensino médio:

“efeito fotoelétrico, átomo de Bohr, leis de conservação, radioatividade, forças fundamentais, dualidade onda-partícula, fissão e fusão nuclear, origem do Universo, raio-X, metais e isolantes, semicondutores, laser, supercondutores, partículas elementares, relatividade restrita, Big Bang, estrutura molecular e fibras ópticas.”

Desta forma, vemos que existe uma tendência nacional e internacional para a atualização do currículo de física no ensino de Física no EM, buscando inserir a FMC, na tentativa de formar um cidadão mais crítico, participativo e consciente do mundo ao seu redor. E, de certa forma, são apontados alguns tópicos que seriam os possíveis para era inserção.

Dentre os tópicos apresentados, destacamos a Física de Partículas elementares, devido a um interesse particular, devido a uma motivação que esse tópico teve na escola da carreira e depois, pelo grande fascínio e importância que esta área da Física tem nas questões filosóficas,

como a busca pelos constituintes da matéria – Do que a matéria é constituída? (mostrando as visões de natureza que se sucederam, junto com o conceito de átomo) e a tentativa de entender o funcionamento do Universo – Como o Universo funciona. Além disso, esse é um tema contemporâneo e o seu desenvolvimento trouxe novas tecnologias para a sociedade. (Ostermann e Moreira, 2000, 2001)

Mas para a inserção desse tópico venha a acontecer no Brasil, é preciso vencer (além das dificuldades habituais nas escolas como a indisciplina, o desinteresse dos alunos, a falta de recursos e espaço físico nas escolas e outras dificuldades) a falta de material disponível para o professor sobre o novo assunto, pois isso representa um forte obstáculo para a inserção da Física de Partículas (Ostermann e Moreira, 2001). Material este que possa dar subsídios aos professores para que estejam preparados para ensinar esses tópicos já que, em muitos casos, ele teve pouco ou praticamente nenhum contato com esses assuntos em sua formação.

Desta forma, nosso trabalho se propõe a investigar os materiais disponíveis sobre o tema, priorizando os de língua portuguesa e tentando avaliar as possibilidades do professor realizar a Transposição Didática (transformações sofridas no saber até ser levado à sala de aula) do conteúdo para a sala de aula.

Tentamos buscar em todas as fontes possíveis esse material e desta forma, separá-lo nas seguintes categorias: livros didáticos do ensino médio; projetos de Física; artigos de ensino de Física; sites; livros e textos de divulgação científica e outros.

2 – RECURSOS PARA INSERÇÃO DA FÍSICA DE PARTÍCULAS NO ENSINO MÉDIO

Como destacamos a cima, a escassez de material para os professores, torna-se um obstáculo para a inserção da FMC no ensino médio, por isso é importante mostrarmos os materiais que tem sido confeccionado em nosso país e incentivarmos os físicos e pesquisadores em ensino a produzi-los cada vez mais.

A próxima seção se destina aos livros didáticos, que foram selecionados através da presença do conteúdo, sendo posteriormente analisados pela sua adaptação conceitual, as atividades propostas, a quantidade do conteúdo tratado e ainda se seria de fácil acesso aos professores.

2.1 – Livros didáticos do ensino médio

Aqui temos como fonte alguns livros didáticos que tratam sobre Física de Partículas e que podem servir como o primeiro contato dos professores com esse assunto.

2.1.1 – GASPAR

Este autor possui uma coleção com três volumes de livros de Física para o ensino médio e, no final do volume 3 temos dois capítulos que tratam de Física de Partículas. Porém, esse assunto não abrange as 56 páginas destinadas a esses capítulos. A Física de Partículas é tratada em algumas partes ao longo dos capítulos.

No primeiro capítulo pode ser visto a descoberta dos raios X, da radioatividade, dos raios α , β e γ ; a descoberta do elétron e do próton. Agora, no segundo são apresentados a descoberta do nêutron e da antimatéria (positron), a proposta do neutrino e do novo modelo atômico e, no último tópico, com o título Física de Partículas, o autor expõe o assunto em 5 páginas.

Esse é o livro didático traz bastante conteúdo sobre o tema, tendo uma linguagem bem apropriada, propondo algumas atividades, questões e exercícios no final do último capítulo.

2.1.2 - ALVARENGA e MÁXIMO

Nesse livro, o assunto sobre Física de Partículas está exposto ao longo do primeiro e terceiro volume, já que os autores tratam sobre FMC nos três volumes dessa coleção através de “tópicos especiais”, no final de cada capítulo.

No volume 2, podemos encontrar no capítulo 9 a discussão sobre a conservação de energia e a aniquilação de um par de partículas; a exposição da descoberta do nêutron e a experiência de Chadwick. Já no volume 3 temos a descoberta do elétron e a descrição do que são as partículas elementares no final do último capítulo, descrevendo de forma sintética o assunto em 4 páginas.

A linguagem utilizada por esses autores também é bem apropriada, porém, o conteúdo é trazido em diversos capítulos dos livros. Desta forma, pode ser mais difícil de ser utilizado pelo professor, não se tem nenhuma atividade, questões ou exercícios propostos. Além disso, o livro não trabalha todos os conceitos que acreditamos serem necessários para a Transposição Didática do tópico.

2.1.3 – HEWITT

O livro desse autor é uma tradução que só chegou ao Brasil em 2002 com o título Física Conceitual. Por esse motivo, possa ser pouco conhecido pelos professores.

A Física de Partículas é abordada no capítulo 11 do livro, com o título “A natureza atômica da matéria”, discutindo a descoberta do elétron, do núcleo, do próton e do nêutron; a proposta dos quarks e a antimatéria. Porém, mais a frente, no capítulo 32, ele aborda questões sobre o núcleo atômico, levando a conceitos como radioatividade, radiação $\alpha\beta$ interações fundamentais, câmaras de bolhas, que estão ligado a Física de Partículas.

Esse livro é um bom material de apoio para professor que queira inserir esse tópico no EM. Apresentando uma adaptação conceitual muito boa, propondo no final de cada capítulo uma série de questões e exercícios que podem ser trabalhadas com os alunos.

2.1.4 – SAMPAIO e CALÇADA

O último capítulo do livro desses autores, capítulo 74 com aproximadamente 10 páginas, é destinado a Física de Partículas. Nele, os autores dão um panorama geral sobre as partículas elementares e as interações, chegando até fazer uma classificação das partículas. Essa parte final é bem parecida com o livro do Gaspar.

Apesar de ter um capítulo exclusivo para o conteúdo, esse livro poderia ser mais abrangente quanto ao conteúdo. Traz ao final do capítulo alguns exercícios, porém faltam atividades no final para os alunos trabalharem.

2.1.5 – AMALDI

Em aproximadamente 20 páginas, o autor aborda um pouco de Física de partículas no final do livro. Tratando de assuntos como a descoberta do elétron, próton e nêutron, a força fraca e o neutrino, as radiações α , β e γ , radioatividade natural e transmutação dos elementos.

2.1.6 – FELTRE

Este autor tem uma coleção de 3 volumes de livros de Química. No volume 1 temos o capítulo 4 com cinco unidades, discutindo a evolução do modelo atômico, falando da descoberta do elétron, próton e nêutron, chegando a comentar um pouco sobre os quarks. Já o volume 2, tem o último capítulo falando de radioatividade e as radiações α , β e γ , comentando sobre a estabilidade dos núcleos e as forças envolvidas.

Esse livro apresenta uma grande vantagem, pois traz ao longo de cada tópicos uma série de questões e exercícios que podem ser facilmente trabalhando com os alunos. Sua linguagem é de fácil compreensão e tem uma seqüência boa para ser trabalhada.

2.2 – Projetos de Física

Os projetos de Física surgiram a partir da necessidade de difundir mais a ciência entre os jovens. Como consequência apareceram os projetos intitulados PSSC, HARVARD e NUFFIELD. Este último na Inglaterra e os outros dois, nos Estados Unidos. Logo depois, apareceram alguns projetos nos Brasil (PEF, FAI), mas nenhum deles trata a FMC.

No entanto, somente o projeto Harvard possui exemplares em português sobre Física de Partículas, os demais estão em inglês, o que restringe um pouco seu acesso.

No caderno suplementar A do Harvard Project Physic é destinado a Física de Partículas, com o título Partículas Elementares. Nele, temos descritos muitos conceitos utilizados na área, com uma linguagem bem apropriada. Inicia-se a discussão através dos conceitos básicos como as interações, as propriedades e as famílias das partículas. Em seguida, discute-se um pouco sobre a detecção das partículas com aceleradores e câmaras de bolhas. No terceiro capítulo são apresentados conceitos mais complexos como estranheza, estados ressonantes, o caminho dos oito ramos e a outras leis de conservação.

Ao longo dos capítulos tem-se tabelas sintetizando as propriedades das partículas que servirá de auxílio para a atividade que é proposta no último capítulo. Esta atividade consiste em determinar quais são as partículas que aparecem em fotos de uma câmara de bolhas, tentando reproduzir um pouco do trabalho que os físicos fazem para determinar as propriedades da partícula que aparece. Por isso são tratados os conceitos nos capítulos anteriores.

O livro esgota o conteúdo que achamos ser o necessário para levar a Física de Partículas e, além disso, sua linguagem é bem apropriada, assim como a adaptação dos conceitos. Esse seria uma boa fonte de seqüência e de conteúdo para os professores.

2.3 – Artigos de revistas de ensino de Física

O Caderno Catarinense de Ensino de Física, traz no volume 16 de dezembro de 99 um artigo de autoria de OSTERMANN e CAVALCANTI, que mostra um pôster das partículas elementares e as interações fundamentais. Expondo também os conceitos trazidos no pôster.

Na Revista Ensino de Física, no volume 11 de dezembro de 89, MOREIRA descreve a construção de um mapa conceitual de Física de partículas, além de expor os conceitos nele envolvidos. Servindo assim, de suporte para a construção do mapa. A construção desse mapa pode ser trabalhada como atividade com os alunos no final de um curso de Física de Partículas.

Um texto bem abrangente é trazido na Revista Brasileira de Ensino de Física no volume 21 de setembro de 1999. Nele, OSTERMANN traz, numa linguagem apropriada, os conceitos básicos da Física de Partículas para professores do ensino médio, com o título “Um texto para professores do EM sobre partículas elementares.”

Mais recente, foi publicado na revista Física na Escola, volume 5, número 2 de 2004, um artigo de MOREIRA, intitulado Partículas e Interações. Nele é descrito um pouco dos conceitos básicos da Física de Partículas. Esse texto também pode ser visto no site da revista.

Todos os artigos citados são uma boa fonte. No entanto, o artigo de Ostermann 1999, além de tratar sobre o conteúdo todo, já apresenta uma adaptação conceitual e uma seqüência que podem ser utilizados facilmente pelo professor.

2.4 – Sites

Existem muitos sites com assuntos ligados a Física de Partículas. Porém, tivemos o cuidado de procurar e indicar sites que estejam vinculados a Universidade que fazem pesquisa na área de Física de Partículas.

2.4.1 – A aventura das partículas

Esse é um site traduzido pelo IFT-UNESP, onde trata de uma maneira lúdica a Física de Partículas. Nele, além de encontrarmos os conceitos básicos, podemos ver animações e questões que serviram e ainda servem de combustível para o desenvolvimento da Física de Partículas.

Encontramos nesse site, tópicos sobre o modelo padrão e as evidências experimentais sobre as partículas. Além disso, ele traz um tópico de referência para quem quiser se aprofundar e conhecer mais sobre o assunto.

2.4.2 - Atom Build

Nesse site podemos encontrar uma atividade que tenta mostrar a constituição dos átomos a partir de elétrons e dos quarks que são os formadores do próton e do nêutron, ou seja, construir átomos (atom builder activity)

Apesar de ser um site em inglês, a atividade é de fácil compreensão, tendo também links para explorar esse e outros assuntos de Física Moderna.

2.4.3 – Cern

Esse site oferece atividades que podem ser usadas em sala de aula pelo professor. Nele, vemos, de uma forma mais dinâmica, o princípio básico do funcionamento de acelerador de partículas e também, uma viagem ao micro e macro cosmo através da potência de 10 (power of ten).

Além disso, o professor pode navegar por ele, procurando mais informações sobre a Física de Partícula e as pesquisas feitas no cern (é interessante frisar que parte do site tem uma versão em espanhol, que fica mais fácil de entender seu conteúdo).

2.4.4 – CBPF

Esse é o site do centro brasileiro de pesquisas físicas – CBPF. Nele podemos ter fácil acesso a artigos de divulgação de Física de Partículas em uma linguagem bem apropriada, através do link publicações de divulgação científica do CBPF, encontrando um caderno sobre partículas elementares com 4 páginas e um livro sobre Física Moderna com muitas informações de partículas elementares e suas interações. Nesta página, também podem ser encontrados outros cadernos com assuntos de Física Moderna. Além disso, é um site bom para os professores se interessarem do que é feito atualmente nas pesquisas na área de partículas no Brasil.

2.4.5 – Ciência Hoje

Esse é o site da revista Ciência Hoje que é organizado pela sociedade brasileira do progresso da ciência – SBPC. Podemos encontrar nele, vários artigos escritos por pesquisadores de Física de Partículas de uma forma bem simples, tornando a discussão mais acessível ao professor. A referência de alguns artigos se encontram no final do trabalho.

Os sites, de uma maneira geral, servem de suporte para os professores com as atividades. Como as atividades experimentais com Física de Partículas, são difíceis, os sites tentam mostrar simulações que podem auxiliar os professores ao trabalhar os conceitos.

2.5 – Livros e textos de divulgação

2.5.1 – O século do quanta

Esse livro foi organizado em ordem cronológica das descobertas, iniciando com a descoberta do elétron. É um livro que vai um pouco mais além das partículas elementares, mas seu foco está na Física de Partículas.

Nele, o leitor pode encontrar a descrição da descoberta feita por um determinado cientista. Porém, ele mostra que a descoberta é fruto de pesquisa de vários outros cientistas, ou seja, que a descoberta de um, conta com a contribuição de outros que o antecederam.

Além de descrever as descobertas, o livro tenta retratar quais eram os problemas enfrentados pela ciência naquela determinada época, levantando as questões e as propostas de solução para aquele determinado problema e, mostrando porque uma solução foi aceita e outra não.

É um livro que abrange muitos conceitos de Física de Partícula através da história da ciência, fazendo com que as pessoas possam compreender um pouco mais sobre o assunto e determinado cientista.

2.5.2 – Do átomo Grego à Física das interações fundamentais

Esse livro é uma descrição de palestras, conferências e mesas-redondas que ocorreram no Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF) no Rio de Janeiro, em janeiro e fevereiro de 93, que foi denominado LISHEP93 (I Escola Internacional de Física de Altas Energias do Lafex). Ele é a primeira obra de uma série de 3 livros sobre a divulgação da Física de Partículas.

Nessa ocasião vários físicos tentaram divulgar mais a Física de Altas Energias (Física de Partículas) incentivando a sua inserção nas escolas de ensino médio no Brasil. Para isso, eles tentam, através de palestras e conferências, dar subsídios históricos e conceituais para os professores que se interessam em levar esse tópico aos jovens.

Por isso, esse livro trata basicamente só de Física de Partículas, com textos escritos por renomados físicos que se preocupam com a divulgação e com o ensino de Física, como José Maria Filardo Bassalo, José Leite Lopes, Mário Novello, Beatriz Alvarenga entre outros.

O livro torna-se também interessante porque vai além da parte conceitual da Física de Partículas. Ele traz os debates ocorridos em mesas-redondas, discutindo as relevâncias do ensino de Física de Partículas, sua relação com novas tecnologias e os livros didáticos

2.5.3 – O mundo das partículas de hoje e de ontem

Esse livro é referente ao LISHEP95 (II Escola Internacional de Física de Altas Energias do Lafex), ou seja, é a segunda obra da série citada no item anterior. Nele, também podemos encontrar vários conceitos da Física de Partículas que não são trazidos no primeiro ou são melhores detalhados. Além de trazer as discussões relacionadas com o ensino de física e o livro didático.

2.5.4 – Partículas elementares: 100 anos de descobertas

É o livro referente ao LISHEP2001. Destinado a divulgar as descobertas em Física de Partículas em ordem cronológica. O livro inicia dando um panorama da Física antes de 1900, seguindo as descobertas de partículas até a descoberta do quark bottom e por último do quark top, em 1995.

Os três últimos livros, que forma uma coleção, trazem os conceitos de uma forma bem apropriada, com uma linguagem simples. Eles são livros que podem auxiliar muito o professor, tanto para estudos quanto para a abordagem em sala de aula.

2.5.5 – QED: A estranha teoria da luz e da matéria

Neste livro, Richard Feynman, tenta falar um pouco sobre a Eletrodinâmica Quântica de uma maneira mais apropriada, de tal forma que pessoas interessadas no assunto possam entender.

Ao fazer isso, ele acaba passando por pontos que estão ligados diretamente com a Física de Partículas, como as interações e seus mediadores, os diagramas de Feynman, os quarks e outros conceitos ligados às partículas elementares.

2.5.6 – O mágico dos quarks

Nesse livro, o autor se propõe a descrever os conceitos da Física de Partículas através de uma história lúdica, baseada no conto O mágico de oz.

Assim, ele mostra diversos conceitos como as interações fundamentais e suas propriedades, as famílias das partículas, o funcionamento dos aceleradores de partículas, quais são as partículas elementares entre outras coisas. Desta forma, todo o livro trata da Física de Partículas de uma maneira bem descontraída, mas ao alcance de todos, como propõe o autor.

É um bom livro para quem já conhece um pouco do assunto, pois às vezes, as analogias tratadas precisam de uma idéia do que esta sendo tratado. Ainda assim, muito do que é discutido nele, pode ser utilizado pelos professores em suas aulas.

2.5.7 – Os sonhos atribulados de Maria Luiza: uma alegoria da cosmologia e da física

O autor, Mário Novelo, tenta trazer para o leitor um espaço lúdico onde possa tentar transmitir alguns conceitos de Física Moderna, através dos sonhos de uma jovem garotinha, criando um ambiente mais relaxado para falar de coisas complexas. Desta forma, acaba tratando sobre a Física de Partícula em dois capítulos do livro (cap. 4 e 5). Neles ele trata de assuntos como antipartículas, léptons, bárions e outras definições da Física de Partículas.

2.6 – Outros livros

Aqui, vamos descrever alguns livros que não são de divulgação científica, mas podem ajudar aos professores a entender um pouco mais sobre o assunto, pois esses livros trazem um pouco da matemática que não é abordada nos itens anteriores.

2.6.1 – Física Moderna

Este é um livro utilizado em muitas universidades por professores que ministram disciplinas de Física Moderna. Ele trata diversos assuntos atuais com o formalismo matemático.

Ele traz um capítulo exclusivo sobre Física de Partículas e pode ser aprofundado com outros capítulos como o de Física Atômica e Nuclear, que ajudam a entender melhor os processos de decaimentos de núcleos e as interações envolvidas.

3 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como já foi dito, um dos problemas enfrentados pela inserção da Física Moderna e Contemporânea no ensino médio é a falta de material de estudo e didático. No caso da Física de Partículas isso não é diferente, apesar de ter muitos materiais em inglês.

Porém, como podemos ver, o Brasil está começando a produzir material de qualidade. Esse é o reflexo de físicos que estão preocupados com a divulgação das pesquisas feitas tanto aqui no país quanto em outros países, onde pesquisadores brasileiros trabalham em colaboração.

Esse movimento vem a contribuir muito com a tentativa de pesquisadores em ensino a inserirem a FMC no ensino médio e, em se tratando da Física de Partículas, com esse material apresentado, é possível montar um curso de nível médio sobre o assunto e assim levar esse conteúdo para sala de aula.

No entanto, ainda são escassas as propostas que efetivamente levam a FMC para as salas de aula, o que dificulta um pouco, pois não se tem uma indicação metodológica para essa inserção.

Por isso, além de tentarmos produzir mais material e recursos para levar a Física de Partículas para o ensino médio, é necessário trabalharmos o conteúdo dessa área com os professores, seja na formação dele ainda na licenciatura seja na formação continuada e ainda, testarmos propostas que efetivamente levam a Física de Partículas e também outros tópicos de FMC.

Além disso, podemos constatar, que os livros didáticos estão seguindo uma tendência de atualização, trazendo os conteúdos de FMC. Porém, não são suficientes para tratar o assunto na sala de aula e muitas vezes, a adaptação conceitual não é a melhor, notando que na grande maioria, o conteúdo é comumente mostrado em tabelas esquemáticas. Não que essas tabelas sejam ruins, mas falta o resgate aos problemas gerados com cada descoberta, que é o grande fio condutor dessa área.

Enfim, o professor precisa de fontes que levem as discussões além do conteúdo trazido nos livros, ou seja, materiais que aprofundem mais a discussão sobre as partículas e lhe forneça material didático de boa qualidade. Esse é o caso dos sites e dos livros apresentados. Por isso, preocupamos em fazer este trabalho, fornecendo mais referências a eles.

4 – REFERÊNCIAS

ALVARENGA, Beatriz; MÁXIMO, Antônio. **Curso de Física**. 5ª ed., V.2. São Paulo: Scipione, 2000.

_____. **Curso de Física**. 5ª ed., V.3. São Paulo: Scipione, 2000.

ALVES, Gilson; CARUSO, Francisco; FILHO, Hélio da Motta; SANTORO, Alberto. **O mundo das partículas de hoje e de ontem**. Rio de Janeiro: CBPF, 2000.

AMALDI, Ugo. **Imagens da Física** – As ideais e as experiências do pêndulo aos quarks. Editora São Paulo: Scipione, 1995.

AUBRECHT, C. J. Redesignig courses and texbooks for the twenty-first century. **American Journal of Physics**, V.57, n.4, p.352-359, 1989.

CARUSO, Francisco; OGURI, Vitor; SANTORO, Alberto. **Partículas elementares: 100 anos de descoberta**. Manaus: Editora da Universidade Federal de Manaus, 2005.

CARUSO, Francisco; SANTORO, Alberto. **Do átomo Grego à Física das interações fundamentais**. Rio de Janeiro: AIAFEX, 1994.

COELHO, Hélio T., ROBILOTTA, Manoel R. Forças Nucleares. **Ciência Hoje**, v.11, n.63, página, mes 1990.

FELTRE, Ricardo. **Química**. 5ª ed., V.1. São Paulo, Moderna, 2000.

_____. **Química**. 5ª ed., V.3. São Paulo, Moderna, 2000.

- FEYNMAN, Richard P. **QED: A estranha teoria da luz e da matéria**. 1ª ed. Lisboa: Gradiva, 1988.
- GASPAR, Alberto. **Física – Eletromagnetismo e Física Moderna**. 1ª ed, V.3. São Paulo: Ática, 2001
- GILMORE, Robert. **O mágico dos Quarks: a física de partículas ao alcance de todos**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2002.
- HARVARD PROJECT PHYSIC. Unidade Suplumentar A. **Partículas elementares**. Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian, 1987.
- HEWITT, Paul. **Física Conceitual**. 9ª ed. Porto Alegre. Bookman, 2002.
- <http://cienciahoje.uol.com.br>. Acesso em 21/07/2005
- <http://microcosm.web.cern.ch/Microcosm/esp/welcom.html> . Acesso em 21/07/2005
- <http://www.aventuradaparticulas.ift.unesp.br/>. Acesso em 21/07/2005
- <http://www.cbpf.br/Publicacoes.html>. Acesso em 21/07/2005
- <http://www.pbs.org/wgbh/aso/tryit/atom/>. Acesso em 21/07/2005
- KALMUS, P. I. Particle physics at A-level-the universities viewpoint. **Physics Educations**, Bristol, V.27, n.2, p.62-64, mar. 1992.
- MIGNACO, Juan Alberto; SHELLARD, Ronald Cintra. A matéria indivisível. **Ciência Hoje**. V.3, n.14, p.41-49, set/out.84
- MOREIRA, Marco Antônio. Um mapa conceitual sobre partículas elementares. **Revista Brasileira de Física**. V.11, p.114-129, dez 89.
- MOREIRA, Marcos Antonio. Partículas e interações. **Revista A Física na escola**, V.5, n.2, p.10-14, out 2004.
- NATALE, Adriano A.; GUZZO, Marcelo M. Neutrino: partículas onipresentes e misteriosas. **Ciência Hoje**. V.25, n.147, p.34, mar.99
- NOVELLO, Mário. Os sonhos atribulados de Maria Luíza: uma alegoria da cosmologia e da física. Jorge Zahar ed. Rio de Janeiro, 2000
- OSTERMANN, F. Um texto para professores do ensino médio sobre partículas elementares. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, V.21, n.3, p.415-436, set 99.
- OSTERMANN, Fernanda. Partículas elementares e interações fundamentais. **Instituto de Física – UFRGS**. Porto Alegre, 2001 (Texto de apoio ao professor de Física, V.12).
- OSTERMANN, Fernanda; CAVALCANTI, Cláudio. 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**. Florianópolis, V.16, n.3, p.267-286, dez.99.
- OSTERMANN, Fernanda; MOREIRA, Marco Antônio. Atualização do currículo de Física na escola de nível médio: um estudo desta problemática na perspectiva de uma experiência em sala de aula e da formação inicial de professores. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, V.18, n.2, p.135-151, ago 2001.
- OSTERMANN, Fernanda; MOREIRA, Marco Antônio. Física contemporânea em la escuela secundaria: una experiencia en el aula involucrando formación de profesores. **Enseñanza de las ciencias**, Barcelona: v.18, n.3, p.391-404, 2000.

- OSTERMANN, Fernanda; MOREIRA, Marco Antonio. Tópicos de Física Contemporânea na escola média brasileira: um estudo com a técnica Delphi. In: **Encontro de Pesquisa em Ensino de Física**, 6., 1998. Atas. Florianópolis: Imprensa UFSC, 19p.[Seção de comunicação Orais] 1 CD-Rom.
- PARAMETROS CURRICULARES NACIONAIS: ensino médio. Ministério da educação. Secretária da educação média e tecnológica. Brasília, 1999.
- PINTO, A.C., ZANETIC, J. É possível levar a física quântica para o ensino médio? **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, V.16, n.1, p.7-34, abril 99.
- PIRES, Antônio Sérgio Teixeira. Solução para o desconcertante. **Ciência Hoje**. V.33, n.193, p.76-79, maio 2003.
- SAMPAIO, José Luiz; CALÇADA, Caio Sérgio. **Física**. V. único. São Paulo: Atual, 2003.
- SCOCOLA, Norberto. Pentaquark: nova partícula subatômica? **Ciência Hoje**. V.35, n.210, p.36-40, nov.2004.
- TERRAZZAN, Eduardo A. **Perspectivas para a inserção de física moderna na escola média**. São Paulo: curso de pós-graduação em educação – USP, 1994 Tese.
- TIPLER, Paul A.; LLEWELLYN, Ralph A. **Física Moderna**. 3ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2001.
- VALADARES, E. C., MOREIRA, M. A. 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.
- VARELA, João. **O século dos quantas**. Lisboa: Gradiva, nov 96.