

# **A ESTRUTURAÇÃO DE UM CURSO DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA: A FÍSICA DE PARTÍCULAS ELEMENTARES NO ENSINO MÉDIO**

## **THE STRUCTURING OF A COURSE ON MODERN AND CONTEMPORARY PHYSICS: THE PHYSICS OF ELEMENTARY PARTICLES IN THE HIGH SCHOOL**

**Maxwell Siqueira<sup>1</sup>, Maurício Pietrocola<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>USP/FE/NuPIC (maxwell@usp.br)

<sup>2</sup> USP/FE/NuPIC (mpietro@usp.br)

### **Resumo**

Há quase duas décadas está em pauta, no ensino de Física, a discussão sobre a inserção da Física Moderna e Contemporânea (FMC) no Ensino Médio. Hoje, já há um consenso entre os pesquisadores dessa área que é possível levar esse conteúdo para sala de aula e ainda, algumas pesquisas buscaram apontar quais seriam os principais tópicos a serem inseridos, que poderiam contribuir para a atualização e inovação do currículo de Física (Stannard,1990; Kalmus,1992; Ostermann & Moreira, 2000) destacando a Relatividade, a Mecânica Quântica e as Física de Partículas Elementares (FPE). Baseado nessas pesquisas e em algumas poucas propostas encontradas na literatura, foi elaborada uma sequência didática sobre a FPE, buscando levar os principais conceitos dessa área de conhecimento científico para o E.M., contribuindo para uma melhoria do ensino de física. Assim, este trabalho apresenta a proposta, que já passou pelo crivo da sala de aula e vem sendo aplicado desde 2005, focando na sua estruturação e receptividade dos alunos perante essa proposta.

**Palavras-chave:** Física Moderna e Contemporânea, Ensino de Partículas Elementares.

### **Abstract**

In the last two decades, the inclusion of topics on Modern and Contemporary Physics in high school classes has been discussed. Physics learning researchers pointed out that topics on Relativity, Quantum Physics and Particle Physics are appropriate to be introduced in high school (Stannard,1990; Kalmus,1992; Ostermann & Moreira, 2000). As a contribution for the innovation of Science curriculum, by the insertion of topics on Modern and Contemporary Physics in High School, a proposal of a course was elaborated on Elementary Particles introducing the main concepts of that area of the scientific knowledge, describing with details the construction of the model accepted for the structure of matter. The proposal was elaborated in modules so that some part can be extracted to be used separately. This work relates also the receptivity among some students of the public schools to whom the proposal has been applied since 2005.

**Keywords:** Modern and Contemporary Physics, Teaching of Elementary Particles.

## Introdução

Há aproximadamente duas décadas, é notória a discussão sobre a inserção da Física Moderna e Contemporânea (FMC) no Ensino Médio, existindo um consenso entre as pesquisas em ensino de Física de que é possível, levar essa área da Física para a sala de aula (Allday,1997; Farmelo,1992; Swinbank,1992; Fagundes, 1997; Brockington, 2005; Siqueira, 2006). Porém, poucas são as propostas que levam, de fato, esse conhecimento científico para a escola, sendo mais raras ainda, aquelas que discutem os resultados de suas aplicações, contribuindo, desta forma, para a melhoria das futuras propostas, seja através de indicações de metodologias ou de esclarecimento dos obstáculos encontrados durante seu desenvolvimento.

Outros trabalhos foram desenvolvidos buscando delinear os tópicos de FMC com maior potencial para serem inseridos no E.M. Um desses trabalhos foi realizado por Stannard (1990). Nele, foi feito um levantamento com alunos iniciantes, nas universidades do Reino Unido, mostrando que tópicos como relatividade restrita, partículas elementares, teoria quântica e astrofísica estão entre os tópicos que mais influenciam os alunos na escolha de carreiras científicas.

Kalmus (1992) se refere a um trabalho parecido com o anterior, mostrando o levantamento feito em 1984, com os calouros de Física do Reino Unido. Por meio de um questionário, enviado a todos os departamentos de Física daquele país, foi pedido aos alunos que listassem, por ordem de preferência, três tópicos que influenciaram na escolha da carreira. Os três com maior índice de indicação foram: relatividade, astronomia e partículas elementares.

No Brasil, também foi feito um levantamento, com resultados parecidos aos anteriores, relatado por Ostermann & Moreira (2000). Nesse trabalho, 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 & Moreira, 1998) para que os entrevistados apontassem quais seriam os tópicos que deveriam ser levados para o E.M. 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, raios -X, metais e isolantes, semicondutores, laser, supercondutores, partículas elementares, relatividade restrita, Big Bang, estrutura molecular e fibras ópticas. (OSTERMANN & MOREIRA, 2001, p.138)

Nota-se assim que a Física de Partículas Elementares está presente nas três pesquisas, dando a esse conteúdo um caráter privilegiado na hora de se pensar quais os principais tópicos de FMC a serem inseridos no E.M., assim como ocorre com a Relatividade e a Mecânica Quântica.

Refletindo sobre esse quadro, foi elaborada uma seqüência didática sobre Física de Partículas Elementares, uma vez que as propostas sobre esse tópico é mais escasso do que os outros dois. Nele procurou-se introduzir os principais conceitos dessa área à alunos do E. M., fazendo com que eles tenham contato com essa área da Física durante o processo de formação básica.

## Algumas propostas

Assim como os tópicos de FMC a Física de Partículas Elementares é um tema pouco pesquisado em sala de aula. As propostas no Brasil são muito mais raras do que em outros países, onde elas também são poucas. O que se encontra normalmente são alguns tópicos isolados que tentam trabalhar um pouco da Física de Partículas Elementares. Porém não são cursos “completos”, que façam uma abordagem dos conceitos principais. Para agravar mais esse quadro são raras as propostas, que têm uma preocupação mais profunda com o ensino ou, que, foram aplicadas proporcionando frutos para a pesquisa em ensino de Física. Ou seja: é *“reduzido o número de trabalhos publicados que encaram a problemática sob a ótica do ensino e, mais ainda, os que buscam colocar, em sala de aula, propostas de atualização.”* (OSTERMANN e MOREIRA, 2000, p. 5)

A maioria dos trabalhos publicados concentram-se na apresentação de alguns tópicos de Física de Partículas Elementares destinados à professores ou a alunos que estão iniciando os estudos universitários. Além disso, grande parte desses trabalhos são feitos em outros países, como Inglaterra e Estados Unidos (Allday, 1997; Barlow, 1992; Farmelo, 1992; Jones, 1992; Lederman, 1982; Ryder, 1992, 1976).

Como a quantidade de material dessa área, produzido no Brasil, voltada ao ensino é pequena, muitos físicos e pesquisadores da área de ensino têm buscado produzir materiais que possam servir de suportes para professores do E.M.<sup>1</sup>. (Moreira, 2004; Ostermann, 1999; Alves et al., 2000; Caruso et al., 2005; Marinelli, 1989). Contudo, não são proposta de cursos para o E.M. e muito menos se tem uma resposta de suas aplicações em sala de aula.

Assim, diante desse pequeno número de proposta, podemos destacar três trabalhos que serviram de referência para começar a pensar a seqüência didática, Ostermann e Moreira (2001), Swinbank (1992) e Project Harvard (1987).

O trabalho desenvolvido por Ostermann e Moreira (2001), mostra a aplicação de um curso de Física de Partículas Elementares por alunos da licenciatura em Física que fizeram estágio da disciplina de “práticas de ensino de Física” na UFRGS. Esse trabalho resultou em um texto<sup>2</sup> para professores do E. M. sobre o assunto (Ostermann, 2001) e mostrou, que para ocorrer essa inserção, deve-se preparar os professores, com cursos de formação continuada sobre o conteúdo. Apontaram também que é possível ensinar a Física de Partículas Elementares para alunos do E.M. e que, não tiveram nenhuma dificuldade de natureza cognitiva para aprender o conteúdo.

Quanto à metodologia, o trabalho mostrou que o uso de analogias foi bem sucedido e que, quando possível, deve-se fazer um vínculo com os conteúdos já contemplados.

---

<sup>1</sup> Um levantamento de material sobre FPE pode ser visto em: SIQUEIRA, M.; PIETROCOLA, M. Revisando matérias de E.M. sobre o tema Física de partículas Elementares. Bauru, 2005. V ENPEC.

<sup>2</sup> O texto de apoio ao professor, possui 69 páginas e 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, alguns exercícios e atividades. (OSTERMANN & MOREIRA, 2001, p.141)

Swinbank (1992) apresenta em seu artigo, um curso sobre as Partículas Elementares e as Interações entre elas. Essa seqüência didática foi aplicada no curso de Física post-GCSE, na Inglaterra. Contudo, ele não aponta resultados de aplicações do curso, nem elucida o tipo de abordagem/metodologia utilizada.

A unidade suplementar A, do Project Harvard é destinado a Física de Partículas Elementares. Esse material, que já possui uma seqüência estabelecida, tem como objetivo, fazer com que os estudantes vivenciem o trabalho dos cientistas na detecção das partículas, determinando as características destas através do rastro (trajetória) deixado nas câmaras de bolhas ou nuvens. Para isso, trabalha-se inicialmente, todos os conceitos necessários para que a atividade de determinação do tipo de partícula seja proposta posteriormente. Essa proposta serve como uma boa referência para os professores que buscam um conhecimento sobre as Partículas Elementares, e como possui uma versão em português, é de fácil acesso aos professores. Contudo, não se tem dados de suas aplicações em sala de aula.

### **A adaptação do saber para à sala de aula e suas contribuições para o ensino**

Além dos apontamentos feitos pelas pesquisas na preferência por alguns conteúdos como a FPE, ela ainda se reveste de algumas contribuições para o ensino de Física, o que nos ajudou a eleger-lo para elaboração da proposta.

A FPE como área de conhecimento pode levar aos alunos uma descrição mais detalhada da estrutura da matéria, uma vez que é comum no E.M. o estudo do modelo atômico sendo descrito somente com prótons, elétrons e nêutrons. Pode-se constatar assim que o aluno passa pelo E.M. acreditando que somente há três tipos de partículas que constituem a matéria.

Esse tópico é uma área que se reveste de grande importância para a ciência moderna, tratando-se de uma ciência de fronteira, tornando-se, desta forma, um conteúdo relevante para ser trabalhado no E.M. Isso porque ela pode vir a contribuir para uma visão menos distorcida da ciência, ao contrário do que os conteúdos tradicionais, presentes nos currículos de Física fazem. Além disso a FPE pode levar a discussão de conceitos que fogem do cotidiano das pessoas, como a soma das partes ser diferentes do todo, causando uma sensação de estranheza no aluno, aspecto que não ocorre com a Física presente nos atuais currículos das escolas.

Nesse sentido, não é difícil constatar o grande fascínio que esse tipo de conteúdo têm sobre os jovens, levando a acessar um mundo pouco explorado, que é o mundo microscópico, podendo levar a um entendimento melhor da estrutura da matéria, conseqüentemente da natureza ao redor.

Contudo, para que esse conhecimento chegue ao E.M., é preciso que ele passe por uma série de transformações, ajustando-se ao ambiente da sala de aula. O conhecimento passa, então por uma série de processos de transformações e adaptações, até chegar à sala de aula, sendo necessário uma reestruturação do conhecimento científico, para que este possa estar presente na escola. Porém, a reestruturação do conhecimento científico para a sala de aula, conforme a Transposição Didática (Chevallard, 1991) prevê, não pode torná-lo muito distante do original. Por que desta forma, ele não será reconhecido pela comunidade que produziu o saber de referência, de onde se inicia o processo de transformação do saber. Por outro lado, ele também não pode estar muito perto deste saber de

referência, pois se tornaria um saber muito avançado e sem muito significado para os alunos.

Assim, não se pode esperar que os “glúons” e “quarks”, que serão tratados na sala de aula, sejam exatamente iguais aos tratados pelo conhecimento científico. É claro que terão certas características conservadas, mas sofrerão algumas adaptações, para que possam tornar mais inteligíveis aos jovens e ao mesmo tempo serem reconhecidos pelos físicos que “produzem” esse conhecimento nos laboratórios, sendo legitimado pela comunidade científica.

Desta forma, foi necessário definir o que poderia ser adaptado e assim levado para sala de aula sobre a Física de Partículas Elementares, já que é uma área que possui muitos conceitos importantes, com seus tratamentos avançados de matemática, fazendo com que estejam interligados, formando uma área bem estruturada da Física.

Ciente de toda essa discussão, o foco foi feito sobre os objetivos principais do curso, que são: mostrar aos jovens uma maneira mais detalhada da constituição da matéria e quais as consequências que essa “nova” forma de observar a matéria traria, não só para o conhecimento Físico, mas também para uma visão de mundo. Para isso, foram trabalhados os aspectos mais atuais da descrição da matéria, chegando ao final, na descrição do Modelo Padrão das partículas elementares e suas interações, sem introduzir a formulação matemática.

### **A proposta<sup>3</sup>**

Depois de analisar diferentes propostas sobre a Física de Partículas Elementares e alguns livros didáticos, decidimos abandoná-las e montar uma sequência própria inspirada em alguns trabalhos que atendiam aos nossos anseios. Assim, fomos em busca de um ponto de partida, um tema que pudesse iniciar o curso. Orientados pela sensibilidade trazida com a experiência de sala de aula, optamos em começar com um assunto que fosse mais próximo do aluno, para que assim, ele tivesse motivação adicional para estudar esse conteúdo, por esse motivo optamos em iniciar com o tema raios-X.

Tendo como objetivo levar uma nova visão da natureza através do conhecimento mais profundo da estrutura da matéria e apoiados nos estudos de Astolfi & Develay (2006, p.51) que mostram que *“o valor intrínseco de um conteúdo nunca é suficiente para fundar sua inserção didática, mas este depende também de um projeto educativo que conduz a uma seleção entre as várias possibilidades”*, chegamos assim, a uma abordagem que segue o uso de modelos clássicos, na linha de um trabalho feito por Arons (1990). Esse autor defende a idéia, de que poucos conceitos de FMC devam ser ensinados no E.M., tendo como objetivo levar alguma percepção aos alunos sobre esses conceitos. E ainda, que a Física Clássica deva servir de sustentação para a abordagem dos tópicos da FMC, ou seja, que se busque na Física Clássica somente os elementos essenciais para compreensão da FMC.

Para auxiliar a estruturação do curso, foi necessário lançar mão de um idéia que pudesse de alguma maneira orientar e sustentar a proposta. Assim, apareceu a

---

<sup>3</sup> A proposta completa, com textos, roteiros de atividades, vídeos acompanhados de sugestões de encaminhamento das aulas pode ser encontrado no site: <http://nupic.incubaroda.fapesp.br/portal>

idéia dos “marcadores-estruturantes”<sup>4</sup> que, ficaram definindo aqueles saberes cruciais, que são os alicerces da nova seqüência didática, que não podem ser modificadas, pois assim, corre-se o risco de descaracterizar o curso. Assim, esses “marcadores-estruturantes” atuam como pontos de intersecção da nova estrutura gerada, permitindo, por exemplo, refazer os trajetos que unem os conceitos, bem como fornecer indícios sobre outros caminhos. Desta forma, todos os novos conceitos inseridos na estrutura do novo saber, bem como as atividades, devem sempre se adequar a estes marcadores, aumentando as chances de sobrevivência da proposta no ambiente escolar.

Estes saberes também devem ser aqueles que, quando analisados sob a perspectiva das Regras da Transposição Didática<sup>5</sup>, estarão mais adequados a serem transpostos e, principalmente, mais aptos a sobreviver nas salas de aulas.

Para a proposta da seqüência didática sobre as Partículas Elementares, definimos os seguintes “marcadores-estruturantes”: o início: **Raios-X**; pontos intermediários: **Modelos atômicos**, **Estrutura das partículas**, **Leis de conservação**, **Mensageiros das interações**; e o fim: **Modelo Padrão**. Acreditando que esses “marcadores-estruturantes” explicitam os principais elementos de uma proposta sobre o conteúdo. E ainda, nota-se que eles dão um encadeamento lógico, didaticamente, para a seqüência didática proposta.

A partir disso, foram escolhidos os tópicos que seriam transpostos para a sala de aula, e o início do curso. Assim a seqüência foi elaborada a partir dos seguintes temas: radiações, modelos atômicos, força forte, modelo dos quarks e glúons, aceleradores e detectores de partículas, neutrino e a força fraca, matéria e antimatéria, as novas leis de conservação, quantização do campo, diagramas de Feynman (tópico complementar), famílias das partículas e o modelo padrão.

Assim, decidimos partir de uma fenomenologia mais próxima possível da vivida pelo aluno como a radiografia e os Raios-X, acreditando que com isso, pudéssemos despertar maior interesse dos alunos em conhecer o conteúdo que queríamos tratar, definindo o nosso primeiro “marcador-estruturante”. Um outro aspecto que contribuiu para nossa decisão de começar o curso por esse tópico, foi o caráter cronológico da história da Ciência. A partir das experiências com os tubos de raios catódicos, que investigavam as características dos gases quando atravessados por uma descarga elétrica, apareceram novas questões e fenômenos que instigaram os cientistas a buscar respostas mais “precisas” sobre a natureza da estrutura da matéria.

Com essa escolha conseguimos determinar, que os tópicos (campo eletromagnético, radiação eletromagnética, força elétrica e magnética e carga elétrica) da Física Clássica eram imprescindíveis para o curso. Desta forma, pretendeu-se criar condições favoráveis para inserir a Física de Partículas Elementares no E.M. Depois de uma proposta piloto aplicada em 2004, conseguimos chegar a proposta na tabela abaixo:

---

<sup>4</sup> No XI EPEF também está sendo apresentado um trabalho que discute a idéia dos marcadores-estruturantes, sendo exemplificado pela estruturação do curso sobre as Partículas Elementares, discutindo também cada um dos marcadores-estruturantes propostos.

<sup>5</sup> Chevallard, 1991; Astolfi, 1997.

<b>Tema</b>	<b>Conteúdo</b>
Radiações	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Raios-X e radiações <math>\alpha</math>, <math>\beta</math> e <math>\gamma</math></li> <li>• Radiação eletromagnética</li> <li>• Descoberta do elétron</li> </ul>
Ordem de Grandeza	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ordem de grandeza e dimensões</li> </ul>
Modelos atômicos e a experiência de Rutherford	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Idéia grega de átomo;</li> <li>• Modelo atômico de Thomson;</li> <li>• Modelo atômico de Rutherford: descoberta do núcleo atômico;</li> <li>• Modelo atômico de Bohr.</li> </ul>
A estabilidade do núcleo (radiação $\alpha$ e a Força Forte)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A descoberta do nêutron</li> <li>• Questão sobre a estabilidade do núcleo: a força forte.</li> <li>• Entendendo melhor a radiação <math>\alpha</math></li> </ul>
Lattes e os Mésons	<ul style="list-style-type: none"> <li>• O Brasil na física de partículas</li> <li>• Raios cósmicos e os aceleradores de partículas</li> <li>• As câmaras de bolhas: como analisar as fotos</li> </ul>
Modelo dos Quarks	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A estrutura interna das partículas</li> <li>• A proposta do modelo de quarks</li> <li>• Carga cor</li> </ul>
Neutrino e a radiação $\beta$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A descoberta do neutrino: conservação de energia e momento</li> <li>• Uma nova interação: a força fraca (decaimento <math>\beta</math>)</li> </ul>
As novas leis de conservação	<ul style="list-style-type: none"> <li>• As leis de conservação para as partículas.</li> <li>• Partículas estranhas</li> </ul>
Antimatéria e antipartículas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A descoberta do pósitron: as antipartículas</li> <li>• Aniquilação: partículas x antipartículas</li> </ul>
Uma nova concepção do campo eletromagnético	<ul style="list-style-type: none"> <li>• O campo eletromagnético como interação de partículas.</li> </ul>
Diagramas de Feynman	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fóton: o mediador a interação eletromagnética</li> <li>• Entendendo as interações através dos diagramas</li> </ul>
As famílias: Bósons e Férmions	<ul style="list-style-type: none"> <li>• As partículas mediadoras das interações: os bósons.</li> </ul>

Acreditamos que, com essa seqüência didática, conseguimos abordar os principais conceitos envolvidos na Física de Partículas Elementares, e gerar discussões acerca da história, filosofia e epistemologia da Ciência, mostrando assim, um pouco do funcionamento da Ciência Contemporânea, alcançando os objetivos propostos pelo curso.

Além disso, foi necessário fazer uma ligação entre os conceitos (marcadores-estruturantes), conferindo uma seqüência de ensino para esses conteúdos. Desta forma, foi imprescindível criar atividades problematizadoras, como textos com questões, animações, simulações de computador e outras atividades que levassem ao encadeamento do conteúdo, como, por exemplo, a atividade envolvendo os aceleradores de partículas.

Algumas questões, apesar de terem sido inspiradas nos problemas enfrentados pelos físicos, foram adaptadas para serem inseridas na sala de aula, visto que, um problema para a Ciência, não é necessariamente, um problema para o aluno. Desta forma, conseguiu-se definir a seqüência para a FPE e que já vem

sendo aplicado em turmas da 3ª série do E.M. desde de 2005 até este ano, com aceitação tanto por parte dos professores quanto dos alunos.

A proposta foi elaborada em blocos para que os professores se sentissem mais à vontade para inserir o conteúdo em “pequenas doses”, indo aos poucos se familiarizando com a proposta e o novo conteúdo. Essa estruturação em blocos foi interessante porque permitiu que professores de outras disciplinas, como a química, utilizassem alguns blocos em suas aulas, permitindo assim, uma maior flexibilidade da proposta.

### **A visão do alunos sobre a seqüência**

Para analisar o conteúdo do curso utilizamos um questionário com perguntas objetivas (Siqueira, 2006). Desta forma, procuramos colocar questões objetivas sobre a seqüência, as atividades, as questões e outros elementos que acreditamos serem pertinentes para poder fazer uma avaliação geral da estrutura do curso, ou seja, procuramos obter uma visão panorâmica do mesmo, segunda a visão dos alunos.

Na primeira parte do questionário, procuramos avaliar se a linguagem utilizada nos textos estava acessível, bem como as questões e exercícios propostos. Quanto à compreensão, mais de 60% dos alunos disseram que foram fáceis de compreender. Essa porcentagem aumentou quando procuramos avaliar a utilidade dos textos para a compreensão da matéria. E segundo eles, esses textos ajudaram a responder as questões e os exercícios propostos.

Quanto aos exercícios e às questões, quase 70% dos alunos responderam que foram fáceis de ser entendidos e compreendidos. Porém, alguns disseram que foram difíceis de serem respondidos. Esse fato, de certa forma, já era esperado, uma vez que as questões elaboradas não estavam nos padrões tradicionais encontrados nos livros de Física de E.M., as respostas não eram encontradas diretamente no texto. No entanto, para eles, as discussões em sala de aula ajudaram muito a responder essas questões e exercícios. Quanto a quantidade de exercícios e questões, eles disseram que foram suficientes.

Buscamos também fazer um levantamento sobre a estrutura do curso na visão dos alunos, para tentar perceber se eles haviam notado que os assuntos discutidos nas aulas estavam ligados entre si, formando um todo coerente. Assim, cerca de 70% dos alunos responderam que as aulas e o conteúdo estavam ligadas umas às outras e seis disseram que estavam muito ligadas. Isso forneceu indícios que a estrutura do curso foi percebida pelos alunos, como mostra a resposta de um deles:

*(A<sub>M</sub>): “Acompanhando as aulas era possível ter uma compreensão fácil da matéria. Porém é algo que, se perdendo uma aula, pode-se ficar um pouco perdido.”(sic)*

Um outro aspecto marcante nas respostas dos alunos sobre os exercícios e questões, foi a diferença existente entre esse curso e os outros que tiveram nos anos anteriores.

*(A<sub>D</sub>): “Muito raciocínio sem cálculos”*

*(A<sub>G</sub>): “Nos anos anteriores só tinha conta.”*



(A<sub>H</sub>): *“Teve uma “prática” nas aulas, coisa que não acontecia em anos anteriores.”*

(A<sub>P</sub>): *“Este curso teve mais conteúdo.”*

No questionário conseguimos ainda, levantar algumas impressões que os alunos tiveram sobre a estrutura da matéria e o mundo ao seu redor, mostrando que o curso buscou modernizar e atualizar o saber escolar, levando uma visão mais atual do átomo e da própria estrutura da matéria. Essas impressões foram levantadas quando perguntamos se houve alguma mudança na maneira deles olharem o mundo ao seu redor após o curso. Obtivemos as seguintes respostas:

(A<sub>C</sub>): *“Para nós que somos leigos mudou totalmente a noção daquilo que se chama átomo.”*

(A<sub>E</sub>): *“O mundo não é só o que vejo mais é muito mais além de nossa visão.”*

(A<sub>G</sub>): *“Soube de coisas que nem imaginava.”*

(A<sub>N</sub>): *“Não sabia quantas coisas menores existiam.”*

(A<sub>O</sub>): *“Na verdade o mundo é uma caixinha de surpresas.”*

(A<sub>P</sub>): *“Eu achava que só existiam elétrons e prótons dentro do núcleo.”*

O questionário buscou levantar também as concepções que os alunos possuíam sobre o ensino de Física e um pouco da própria Física. Para isso questionamos os alunos sobre o que eles pensavam que era a Física. A maioria apresentou uma resposta baseada em uma disciplina com muitos cálculos, algo parecido com a matemática, uma matéria a mais no currículo da escola, que não despertava interesse algum por ela, devido a grande quantidade de contas utilizadas. Esses aspectos apontados pelos alunos, nos levam a concluir que o ensino de Física que eles receberam em anos anteriores era um ensino muito tradicional, baseado em muitas contas e nenhuma atividade.

Isso se revelou também em alguns questionários quando deixamos uma pergunta em aberto para eles fazerem os comentários que achassem necessários. Surgiram respostas como: *“nos anos anteriores só tinha conta.”*, *“as aulas foram não convencionais”*, *“teve prática nas aulas, coisa que não acontecia nos anos anteriores”*.

Contudo, o curso levou-os a perceber uma outra forma de ensinar Física, mostrando que a Física pode ser mais atrativa e interessante para os alunos do Ensino Médio. Em uma questão procuramos levantar essa mudança ocorrida com eles, sobre o diferencial do curso em relação aos anos anteriores, obtendo as seguintes respostas:

(A<sub>B</sub>): *“As aulas foram muito mais interessantes do que eram nos anos anteriores.”*

(A<sub>C</sub>): *“A forma como foi apresentado, detalhes que antes não eram cotados.”*

(A<sub>M</sub>): *“Um curso interessante que não subestimou a inteligência e a capacidade dos alunos.”*

(A<sub>N</sub>): *“Antes aprendi, distância, velocidade, etc. Já esse ano aprendi coisas interessantes sobre o átomo.”*

(A<sub>O</sub>): *“O curso mostrou que existem coisas que estão fora da nossa imaginação.”*

Podemos constatar que houve uma mudança na maneira deles olharem o trabalho científico e a própria ciência, mostrando que começaram a compreender que a ciência é um empreendimento humano e muito dinâmico. Para isso, procuramos mostrar, no curso, a evolução ocorrida no conceito de átomo e perguntamos se eles haviam notado e se achavam que essas mudanças iriam parar. As respostas de todos os alunos foram idênticas, todos acreditavam que não. Contudo, os argumentos para isso não foram os mais diversos, como algumas das respostas a seguir:

(A<sub>D</sub>): *“Não, o que não existe, não existe; porém o que não se descobriu não significa que não pode ser descoberto.”*

(A<sub>H</sub>): *“Não, pois o ser humano está sempre procurando evoluir cada vez mais.”*

(A<sub>L</sub>): *“Não, pois a ciência começou agora e ninguém mais vai poder parar o seu avanço.”*

(A<sub>M</sub>): *“Não, pois com o passar o tempo, as idéias vão mudando, conhecimento são adquiridos. O que um descobre é passado para frente, proporcionando uma evolução natural.”*

### **Considerações Finais**

Durante a construção de nosso curso, foi necessário, em alguns casos, abandonar a ordem cronológica do desenvolvimento da Física; por exemplo, a descoberta do pósitron foi feita cerca de duas décadas antes dos quarks, mas por um caráter didático, preferimos discutir os quarks antes das antipartículas. Assim, na nova estrutura do Saber da sala de aula, para o tempo didático, os quarks aparecem antes do pósitron (antipartículas), sendo essa inversão fruto de uma Transposição Didática. Esses afastamentos *“devem ser compreendidos como uma inevitabilidade da transposição didática entre o saber sábio e o saber a ensinar.”* (Astolfi & Develay, 2006).

Assim, a seqüência que foi levada aos alunos é coerente, obedecendo a uma lógica didática e não cronológica. Porém, o aluno deve ter consciência de que os conceitos discutidos durante o curso, não estão em sua ordem de acontecimentos e devem perceber que uma adaptação foi feita para que um conhecimento científico pudesse se adequar à sala de aula e se tornar mais acessível.

Atentos ao complexo processo de mudança, que ocorre no conteúdo a ser adaptado para a escola, tivemos indícios de que foi possível apresentar aos alunos uma abordagem da Física de Partículas Elementares que escapa ao dogmatismo visto na grande maioria dos livros didáticos. Para isso, desenvolvemos atividades, que buscavam levantar questões instigantes para os alunos e, assim, levá-los a entender um pouco mais dos fenômenos ligados ao intrigante mundo das partículas elementares.

Ressaltamos ainda, que essa seqüência didática é nossa proposta, pois acreditamos que sejam possíveis a elaboração de outras seqüências baseadas em outros marcadores-estruturantes, com esse conteúdo.

Assim como toda proposta inovadora, enfrentamos muitos problemas ao leva-la para à salas de aulas das escolas públicas inclusive a falta de aulas em algumas semanas (a primeira aplicação, em 2004, não tivemos 12 aulas que estavam previstas no calendário) devido a várias comemorações da escola. Mas mesmo assim, conseguimos levar boa parte do curso para os jovens. Mostrando que mesmo com algumas adversidade das escolas públicas, é possível trabalhar de forma inovadora com conteúdos de Ciência.

Para reforçar mais ainda a validação de nossa proposta, ainda estão sendo aplicadas as seqüências didáticas em algumas escolas estaduais da grande São Paulo. Inclusive, alguns professores de outros estados, como Santa Catarina, Maranhão, Paraíba, Paraná, tem trabalhado alguns blocos da seqüência em suas escolas, que na grande maioria é da rede pública.

Esse trabalho nos mostrou também que sem um cooperação entre professores do E.M. e grupos de pesquisas das Universidades, torna-se difícil o desenvolvimento de qualquer proposta de melhoria do ensino de Ciências. E para isso não ocorresse, foi criado um grupo de pesquisa que reunir professores do E.M. e pesquisadores (docentes da FEUSP e pós-graduandos).

Por fim, os aspectos sobre o ensino e aprendizagem dessa proposta não foram contemplados, pois estávamos preocupados em elaborar uma proposta sobre o conteúdo. Agora que a proposta parece estar consolidada, esses aspectos serão investigados para que possamos contribuir ainda mais para a inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio.

### Referências

- ALLDAY, J. The Nature of Force in Particle Physics. **Physics Education**, Bristol, v.32, n.5, p.327-332, sept. 1997.
- ALVES, Gilson; CARUSO, Francisco; FILHO, Hélio da Motta; SANTORO, Alberto. **O mundo das partículas de hoje e de ontem**. Rio de Janeiro: CBPF, 2000.
- ASTOLFI, Jean Pierre e DEVELAY, Michel. **A Didática das Ciências**. 10ª ed. Campinas: Papirus, 2006.
- BARLOW, R. Particle Physics: from school to University. **Physics Education**, Bristol, v.27, n.2, p.92-95, mar. 1992.
- BROCKINGTON, Guilherme. **A Realidade escondida: a dualidade onda-partícula para alunos do Ensino Médio**. São Paulo, curso de pós-graduação em ensino de Ciências – USP, 2005. Dissertação de mestrado.
- CHEVALLARD, Yves. **La Transposicion Didactica**: Del saber sabio al saber enseñado. 1ª ed. Argentina: La Pensée Sauvage, 1991.
- quarks e léptons. **Química Nova**, n.3, v.20, p324-334, maio/jun.1997.
- CARUSO, Francisco; OGURI, Vitor; SANTORO, Alberto. **Partículas elementares: 100 anos de descoberta**. Manaus: Editora da Universidade Federal de Manaus, 2005.

FAGUNDES, M. Beatriz. **Ensinando a dualidade onda-partícula sob uma nova óptica**. São Paulo, curso de pós-graduação em ensino de Ciências– USP, 1997. Dissertação de Mestrado.

FARMELO, G. Teaching Particle Physics in the Open University's Science Foundation Course. **Physics Education**, Bristol, v.27, n.2. p. 96-101, mar. 1992.

GRECA, Ileana Maria; MOREIRA, Marco Antônio. Uma revisão da literatura sobre estudos relativos ao ensino da mecânica quântica introdutória. **Investigação em ensino de ciência**. Porto Alegre: V.6, N.1, março de 2002.

HARVARD PROJECT PHYSIC. Unidade Suplementar A. **Partículas elementares**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1987.

JONES, D. G. C. Cosmology and Particle Physics. **Physics Education**, Bristol, v. 27, n. 2, p. 76-80, mar. 1992.

KALMUS, P. I. Particle physics at A-level-the universities viewpoint. **Physics Educations**. Bristol: V.27, n.2, p.62-64, mar. 1992.

MARINELLI, J. R. Enxergando o Núcleo atômico. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v.6, n. 3, p. 234-240, dez. 1989.

MOREIRA, Marco Antônio. Partículas e interações. **Revista A Física na escola**, V.5, n.2, p.10-14, out 2004.

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.

\_\_\_\_\_. Partículas elementares e interações fundamentais. **Instituto de Física – UFRGS**. Porto Alegre, 2001 (Texto de apoio ao professor de Física, V.12).

OSTERMANN, F; MOREIRA, M A. 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.

\_\_\_\_\_. 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.

RODRIGUES, Carlos Daniel Ofugi. **Inserção da Teoria da relatividade no ensino médio**: Uma nova proposta. Florianópolis, curso de pós-graduação em educação – UFSC, 2001 Dissertação de Mestrado.

RYDER, L. The new Elementary Particles and Charm. **Physics Education**, Bristol, v. 21, n. 1, p. 28-32, jan. 1976.

RYDER, L. The Standard Model. **Physics Education**, Bristol, v. 27, n. 2, p. 66-70, mar.1992.

SIQUEIRA, Maxwell. **Do visível ao indivisível: uma proposta de Física de Partículas Elementares para o Ensino Médio**. São Paulo: IF/FE USP, 2006. Dissertação de mestrado.

SWINBANK, E. Particle Physics: a new course for schools and colleges. **Physics Education**, v. 27, n. 2, p. 87-91, mar. 1992.