

# A FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA EM SALA DE AULA: UMA ATIVIDADE COM OS RAIOS X

Maxwell Siqueira<sup>a</sup> ([maxwell\\_siqueira@hotmail.com](mailto:maxwell_siqueira@hotmail.com))

Maurício Pietrocola<sup>b</sup> ([mpietro@usp.br](mailto:mpietro@usp.br))

<sup>a</sup>Faculdade de Educação/Instituto de Física– USP

<sup>b</sup>Faculdade de Educação - USP

## RESUMO

Na perspectiva da inserção da Física Moderna e Contemporânea, muitos argumentos já indicam a necessidade de fazê-la (Terrazzan, 1994; Valadares e Moreira, 1998; Pinto e Zanetic, 1999). No entanto tem havido poucas propostas que buscam esse objetivo

Porém, no final de década de 1990, começaram a ser construídas propostas para levar alguns tópicos de FMC para sala de aula (Fagundes, 1997; Pinto e Zanetic, 1999; Rodrigues, 2001; Brockington, 2005; Siqueira, 2006), fornecendo dados que pudessem indicar os obstáculos encontrados pelo caminho e os possíveis caminhos metodológicos a serem seguidos.

Dentre esses obstáculos indicados nesses trabalhos, destacamos a elaboração de atividade para o ensino de conteúdo da FMC. Uma vez que, em sua grande maioria possuem um alto grau de sofisticação e custo. O que dificulta muito a sua aquisição, devido a triste realidade que passa as escolas públicas brasileiras.

Assim, buscamos mostrar nesse trabalho que, ao levar uma proposta de ensino que aborda a Física de Partículas Elementares para o ensino médio, deparamos também com essa dificuldade.

Iremos mostrar, a partir de uma experiência de aplicação de uma atividade sobre raios X, que foi elaborada e desenvolvida através de uma analogia das radiografias com o papel fotográfico, quais as contribuições trazidas para o ensino e aprendizagem desse conteúdo.

Enfatizando também o seu desenvolvimento em sala de aula e suas contribuições para auxiliar o ensino da Física Moderna e Contemporânea. Mostrando que é possível elaborar atividades com esse conteúdo e que levem em consideração a realidade das escolas públicas de nosso país. Reforçando os argumentos a favor da inserção da FMC, indicando que é possível levar esse conteúdo para sala de aula.

**Palavras chaves:** Inserção da Física Moderna e Contemporânea, Física de Partículas Elementares.

## 1- INTRODUÇÃO

A inserção da Física Moderna e Contemporânea nas escolas brasileiras, vem sendo discutida, entre pesquisadores em ensino e professores, há mais de duas décadas. Durante esse período, foram acumulando argumentos favoráveis a esse movimento, mostrando a relevância do ensino dessa Física. No entanto, eles se restringem a apontarem o por que e o para que deva ser feita essa inserção.

Assim, trabalhos como o de Moreira e Valadares (1998) e Terrazzan (1992) indicam que a abordagem de tópicos de FMC se faz necessário no E.M., uma vez que esses tópicos podem levar à atualização do currículo de Física, fazendo com que os jovens tenham um conhecimento maior do mundo moderno e os avanços tecnológicos, compreendendo os fenômenos ligados às situações vividas ao seu cotidiano.

Gil et al. (1987) argumentam ainda que a inserção da FMC parece criar uma ocasião privilegiada para apresentar o desenvolvimento científico, mostrando como a ciência se desenvolve. Criando assim, um ambiente propício para discussão sobre o trabalho científico atual.

Além dessas duas vertentes de argumentação, Pinto e Zanetic (1999) destacam que é preciso transformar o ensino de Física, contemplando o desenvolvimento da FMC. Já que a Física que se vê nas escolas, é uma Física ultrapassada, que não leva para sala de aula os desenvolvidos científicos ocorridos no último século e no atual. Sendo possível, então, levar uma nova visão de mundo para os jovens.

Essa discussão ganhou mais força quando foi sancionada, em 20 de dezembro de 1996, a lei de diretrizes e bases (LDB) do ensino básico nacional, colocando alguns objetivos para este ensino. Dentre eles, a necessidade de renovação curricular, visando os aspectos mais modernos da ciência. Segundo ainda a LDB (Brasil, 1999), o ensino de ciência deve aproximar o jovem da Ciência moderna, através da melhor compreensão do funcionamento dos aparelhos modernos, do entendimento de como a Ciência evoluiu, bem como de seu desenvolvimento. Deve-se então, buscar inserir o jovem em discussões sobre fatos e acontecimentos contemporâneos, divulgados pela mídia, contribuindo para uma formação científica efetiva. 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).

Mas essa discussão não se restringe somente ao 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).

Além de apresentar argumentos favoráveis a inserção da FMC, alguns trabalhos também indicam os possíveis tópicos para serem levados para sala de aula, na tentativa de atualizar o currículo de Física (Stannard, 1990; Kalmus, 1992; Ostermann e Moreira, 1998) destacando os principais: relatividade restrita, partículas elementares, teoria quântica e astrofísica.

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, fornecendo os principais tópicos que poderão iniciar a atualização do currículo de Física.

Notando-se assim que muitas pesquisas já apontaram à necessidade de se introduzir a FMC no Ensino Médio fornecendo argumentos concretos para isso, mas *“apesar de todos os argumentos apresentados, ainda faltam propostas que levem tópicos de Física Moderna e Contemporânea para as escolas secundárias.”* (Ostermann e Moreira, 2000). Seria importante, pois, investir na introdução de alguns tópicos de FMC no ensino médio, verificando resultados de aprendizagem em condições reais de sala de aula.

Contudo, nos últimos anos, começaram a surgir propostas que, de fato, levam a FMC para à sala de aula (Fagundes, 1997; Pinto e Zanetic, 1999; Rodrigues, 2001; Brockington, 2005; Siqueira, 2006) contribuindo para o nível do “como fazer” para ensinar essa ciência contemporânea. Fornecendo maiores indícios, através de dados, que mostram as dificuldades encontradas no caminho e as possíveis metodologias que melhor se adequaram à inserção de tópicos da FMC.

Dentre as dificuldades apontadas por esses trabalhos, destacamos a elaboração de atividades. Por se tratar de assunto de FMC, não é fácil levar atividades desses tópicos para sala de aula. Visto que, em sua grande maioria possuem um alto grau de sofisticação e custo. O que dificulta muito a sua aquisição. Assim, atividades que busquem levar esses tópicos para sala de aula, acessíveis a realidade de nossas escolas, são bastante raras, sendo muito bem vindas para o ensino, quando apresentadas.

Desta forma, buscamos neste trabalho, mostrar uma experiência com uma atividade que levou a discussão dos raios X para sala de aula. Essa atividade faz parte de um curso sobre Física de Partículas Elementares, sendo aplicada em turmas de terceiro do ensino médio, de escolas públicas estaduais da cidade de São Paulo.

Esta atividade é parte integrante de um curso de Física de Partículas Elementares para o E.M. em turmas da 3ª série nos anos de 2005 e 2006 sendo este, parte do currículo normal das turmas. Por isso, os professores responsáveis pela aplicação, foram os próprios professores das turmas. Estes professores passaram por aperfeiçoamento, através de estudos dirigidos sobre os conceitos de Física de Partículas Elementares e acompanhamento pedagógico.

## **2 - A ATIVIDADE**

Essa foi uma atividade que deu início aos estudos da Física de Partículas Elementares, em um curso, que pertencia ao currículo de Física, do 3ª série do ensino médio, de algumas escolas públicas.

Para tentar atrair a atenção, a curiosidade e que fosse ao mesmo tempo motivadora para os jovens estudarem a Física de Partículas Elementares, procuramos iniciar o curso de Física de Partículas Elementares com uma atividade que estivesse bem próxima deles e que pudesse de alguma forma, está ligada ao seu cotidiano, buscando iniciar e encaminhar o curso através de uma análise fenomenológica, que é tão peculiar a Física de Partículas Elementares.

A atividade teve como objetivo levar aos alunos a compreensão do processo de produção dos raios X, das radiografias e das diferenças entre as tonalidades presentes nelas, como consequência da absorção de diferentes materiais de densidades distintas. Para isso procuramos fazer que o aluno entendesse a natureza dos raios X, como ocorreu a sua descoberta, quais foram as consequências dela para o meio científico, bem como instigá-lo a buscar mais informações sobre a natureza da estrutura da matéria para compreender melhor os raios X.

### **2.1 - Descrição da atividade**

Na primeira parte da atividade, são entregues aos alunos radiografias (que foi pedido, em um momento anterior a aula, que trouxessem), para que eles possam olhá-las e destacar algumas características, como forma, nitidez, partes do corpo que pertence se podem identificar algum tipo

de doença entre outras coisas. Sendo feita uma primeira discussão dos alunos em um grupo, de aproximadamente 5 alunos.



Em seguida são levantadas, pelo professor, algumas questões que buscam nortear a discussão, como: qual a radiografia que mais chamou a atenção? Por quê? Por que existem regiões mais claras e mais escuras? Por que algumas radiografias apresentam nitidez melhor? Como são produzidos os raios X e as radiografias?

Essas questões serviram como motivação para iniciar a discussão sobre os raios X e as radiografias, tendo um grande retorno dos alunos, que conseguiram discutir e expor suas opiniões e sensações sobre as radiografias, contudo não sabiam como eram produzidos os raios X nem as radiografias. Para formalizar toda a discussão feita com os alunos, foi entregue o texto “Vendo através da pele: a descoberta dos raios X” para que eles pudessem ler e responder algumas questões que se encontram no final do texto.

Na segunda parte da atividade, depois de já conhecerem um pouco mais sobre o processo de produção dos raios X e a história de sua descoberta, é entregue a eles uma folha de papel fotográfico sensível à luz. Pedimos que colocassem sobre o papel objetos opacos, translúcidos ou transparentes de qualquer forma (como borracha, canetas, lápis, chaves, celulares, brincos, anéis e outros).

Depois de ter permanecido por aproximadamente 5 minutos, próximo de uma fonte de luz, os objetos são retirados e nota-se a marca deixada por eles. Então duas questões são propostas: vocês podem distinguir bem as formas dos objetos? Nas marcas deixadas pelas formas no papel fotográfico, existe diferença enquanto a nitidez (tonalidade)? Tente explicar essa diferença.



Essa segunda parte da atividade teve o objetivo de fazer uma analogia com a produção de radiografias para que os alunos pudessem visualizar e materializar a discussão feita na primeira parte e assim, compreender melhor os principais aspectos da produção dos raios X e das radiografias.

### **3 - ANÁLISE DA ATIVIDADE**

Buscamos fazer a análise da atividade, focando alguns aspectos ou categorias<sup>1</sup> que acreditamos serem importantes para que atividades possam ter sucesso em sala de aula. Assim, a partir da teoria da Transposição Didática (Siqueira; Pietrocola, 2006), foram criados alguns critérios que se assemelham às regras trazidas nela.

#### **3.1 – As categorias**

##### **i) Operacionalidade**

Esse aspecto está ligado diretamente com a possibilidade tanto dos alunos conseguirem desenvolver a atividade quanto os professores serem capazes de gerenciá-la. Desta forma a atividade estará ao alcance dos alunos e do professor. Pois, acreditamos que atividades que são complexas em seu desenvolvimento ou que sejam muito complicadas de gerenciá-las, tornam-se pouco prováveis de terem sucesso em sala de aula e permanecer nesse ambiente, sendo excluídas devido a sua complexidade de execução e gerenciamento.

##### **ii) Importância do conteúdo a ser estudado**

A atualização do currículo é um aspecto importante que a atividade deva buscar. Assim, o conteúdo a ser estudado deverá ter sua importância reconhecida pelos alunos e pela própria comunidade escolar, para que possa estar de fato em sala de aula.

##### **iii) Compreensão**

---

<sup>1</sup> Esses aspectos ou categorias estão ligados diretamente as regras da Transposição Didática, que serviu de ferramenta de análise para a estrutura do curso, do qual a atividade faz parte. As regras são as seguintes: Regra I – Modernizar o saber escolar; Regra II – Atualizar o saber escolar; Regra III – Articular o saber novo com o antigo; Regra IV – Transformar um saber em exercícios e problemas; Regra V – Tornar um conceito mais compreensível.

Acreditamos que uma atividade para ter sucesso em sala de aula, deverá ser compreendida pelos alunos e assim, o conceito que tentará transmitir seja mais fácil de ser aprendido pelos alunos. Ou seja, a atividade deve permitir uma maior/melhor compreensão do conceito que busca discutir, auxiliando no processo de ensino-aprendizagem.

#### **iv) Capacidade de gerar questões e exercícios**

Esse é um aspecto de grande importância para as atividades. Pois, todo conteúdo que é levado para sala de aula, deve permitir alguma forma de ser avaliado. Para isso, deverá gerar a partir da atividade, algum tipo de questão ou exercício, que seja possível avaliar a aprendizagem do aluno. Desta forma, poderá ser mais bem aceito pelo professor, pois esse saberá como avaliar o desenvolvimento de seus alunos.

### **3.2 - Análise<sup>2</sup>**

Essa atividade teve como objetivo principal apresentar o processo dos raios X, como ocorre à produção de chapas radiográficas, buscando salientar os principais aspectos referentes aos raios X, como produção, detecção e absorção em alguns materiais, não deixando de lado o aspecto histórico, que mostra como os raios X contribuíram para a mudança na concepção de átomo, a evolução do modelo atômico e o desenvolvimento de novas áreas na Física, uma vez que faz parte de uma proposta de curso sobre a Física de Partículas Elementares.

O desenvolvimento da atividade foi feita de forma aberta e dinâmica, deixando os alunos bem à vontade para que investigassem e discutissem as radiografias, gerando um grande interesse e entusiasmo entre eles em trabalhar um objeto tão próximo (por estar presente no cotidiano) mas ao mesmo tempo tão distante de ser compreendido.

Assim, conseguimos notar que o ambiente da aula foi tranquilo e envolvente, não havendo problemas com disciplina ou apatia dos alunos durante o transcorrer da aula. Esses, foram aspectos marcantes na aula, em momento algum notamos que os alunos estavam focados em outras coisas que não fosse à atividade. Todos os 31 alunos participaram ativamente da “análise” das radiografias, procurando identificar as questões que o professor havia proposto no início da atividade.

A manipulação das radiografias também foi o ponto alto da atividade. Ela durou cerca de 21 minutos, dentro do tempo previsto no planejamento da aula. Além disso, os alunos não mostraram qualquer dificuldade em manuseá-las, fazendo de maneira correta, levantando-as em direção à luz para realçar bem as diferenças de tonalidades, conseguindo identificar objetos e formas diferentes.

Alguns alunos foram além do que identificar objetos presentes nas radiografias. Eles analisaram duas radiografias da parte da cintura de pessoas distintas. Mesmo sem identificação nenhuma nas radiografias, eles concluíram que uma deveria ser de homem e a outra de mulher. Quando questionado porque haviam chegado aquela conclusão, explicaram:

V(A<sub>8</sub>) “A radiografia da mulher tem à parte do quadril (bacia) mais distante do que a outra, que provavelmente é de um homem.” (Ele mostra com a mão, indicando as distâncias entre os ossos do quadril, nas duas radiografias).

---

<sup>2</sup> Na transcrição será utilizada V para indicar que foi feito do vídeo e Q para indicar que foi feita do questionário.

No aspecto do professor, podemos destacar o planejamento. Nele estava previsto o tempo de desenvolvimento de toda a aula com a atividade, de aproximadamente 90 minutos. O tempo gasto pelo professor foi de aproximadamente 100 minutos, indicando que ele soube gerenciar bem o tempo, não deixando a aula nem muito corrida, nem muito lenta, gastando um pouco mais do que as duas aulas para fazer o fechamento da atividade. Indicando que o professor não teve maiores problemas na execução da atividade.

Temos assim uma indicação do relativo sucesso que essa atividade apresentou na sala de aula, levando assim, a **operacionalidade**. Isso refletiu muito sobre as discussões levantadas em sala de aula, mostrando que essa atividade pode permanecer em sala de aula, pois ela motiva a discussão entre os alunos e também os instiga a buscar um conhecimento do tópico apresentado. Como indica à resposta de um aluno ao questionário aplicado no final do curso

Q(A<sub>L</sub>): “nós podemos ver muitas coisas diferentes e principalmente as radiografias que podemos discutir o que vemos de diferente com os colegas.”

A segunda parte dessa atividade permitiu que fosse feita uma analogia dos papéis fotográficos com a produção e detecção dos raios X, uma vez que era impossível levar um aparelho de verdade para a sala de aula. Com isso, conseguimos melhorar o entendimento dos alunos sobre o objeto estudado, levando a criação de um objeto didático que auxiliou o aprendizado dos alunos. Esse fato configura a criatividade didática, inerente a todo processo de produção de saber escolar. A transcrição abaixo evidência que a analogia teve sucesso em gerar uma maior **compreensão** do objeto estudado.

V(Prof.): “Gente! No papel fotográfico, quem é que está causando isso aqui?”

V(alunos) “a luz!”

V(Prof.) “Porque está aparecendo essas imagens aqui?”

V(alunos) “a luz!”

V(Prof.) “É uma onda eletromagnética que está causando isso também. A mesma onda que causou o aparecimento das imagens nas radiografias.”

Essa criatividade didática também permitiu fazer uma discussão acerca da produção, detecção e a absorção dos raios X sobre o corpo humano e outros objetos. Assim, conseguimos elaborar questões na própria atividade e conectá-las com o texto que foi entregue em seguida (Vendo através da pele: a descoberta dos raios X) com o objetivo de dar uma maior formalização na discussão. A partir daí, gerar novas questões para serem respondidas por eles.

Desta forma, vemos o grande potencial que esse tópico possui em criar questões (qualitativas) para a discussão e o entendimento dos raios X, justificando assim sua presença na sala de aula, apresentando a **capacidade de transformar esse saber em exercícios e questões**. A própria atividade, trouxe questões que puderam ser trabalhadas durante a aula com os alunos, como a questão seguinte, colocada pelo professor durante a discussão das radiografias:

V(Prof.) “Vocês conseguem imaginar o mundo hoje sem os raios X?”

V(Prof.) “Aliás, a gente poderia ir até mais fundo. Será que a descoberta dos raios X foi para fazer isso ou foi por algum outro acidente totalmente ocasional?”

Esse foi o momento, onde o professor fez uma ligação da atividade com o texto, de abordagem histórica, que seria entregue em seguida, para a formalização de toda a discussão sobre os raios X. Houve assim um encadeamento da atividade com os textos produzidos no curso.

Isso, nos levar a concluir que essa segunda parte da atividade auxiliou, ainda mais, os alunos a compreenderem melhor o processo de produção e detecção dos raios X através das chapas radiográficas, mostrando que essa atividade pode tornar o **conceito estudado mais compreensível**. Assim, conseguimos por meio de uma analogia, uma forma mais “clara” dos alunos entenderem os raios X.

Para encaminhar todo o desenvolvimento dessa atividade, foi entregue, no início, um roteiro (anexo), que serviu como guia para atividade. Esse roteiro contém questões, que foram reforçadas pelo professor antes de receberem as radiografias, fazendo que os alunos fossem guiados pelas perguntas para a análise e a discussões entre eles. Ao final do manuseio das radiografias, o professor buscou levantar novamente as questões para iniciar a discussão sobre os raios X.

Do ponto de vista escolar e do currículo de Física, a discussão sobre os raios X se faz necessária, uma vez que esse ente físico está no cotidiano das pessoas, mas elas não o conhecem bem. Assim sendo, a escola torna-se um meio de acesso no quais os jovens podem ter um conhecimento maior sobre os aspectos dos raios X, derrubando mitos e crendices, erguendo um conhecimento mais sólido e com explicações menos distorcidas pelo saber popular. Assim justificase sua presença em sala de aula por trazer uma atualização, por se tratar de um tópico importante a ser discutido em sala de aula e presente no currículo de Física do ensino médio, levando assim a uma atualização do saber escolar, mostrando assim, sua **importância na sala de aula**.

Obtemos indícios dessas características no questionário aplicado no final do curso, ao perguntar aos alunos qual foi à atividade que mais tinham gostado e por quê? As respostas de alguns alunos são descritas a seguir:

Q(A<sub>B</sub>): “Porque esses temas são algo que muitas pessoas acham incrível, e também porque o raio X é algo muito útil ao homem.”

Q(A<sub>J</sub>): “É interessante para aprender o que é perigoso.”

Q(A<sub>M</sub>): “Achei interessante estudar e compreender melhor sobre algo tão “conhecido”, como o raio X, tão utilizado por todos.”

Conseguimos ainda, ao discutir aspectos ligados à produção, detecção e absorção dos raios X, fazer uma conexão com um conhecimento que já está presente em sala de aula, requisitado-o para dar uma melhor explicação da natureza dos raios X. Esse foi o caso da radiação eletromagnética ou ondas eletromagnéticas. Assim, conseguimos articular o saber novo com o antigo, dando uma maior credibilidade para esse novo saber, pois como destaca Astolfi (1997) alguns conteúdos são escolhidos “*porque permitem uma articulação mais satisfatória entre o novo que se tenta introduzir, e o velho já provado no sistema (...)*”. Esse aspecto pode ser visto na transcrição a seguir:

V(Prof.) “Porque não se consegue enxergar os raios X?”

V(Prof.) “Por que você não consegue enxergar o raio X e por que você enxerga a luz? Qual a característica do raio X que faz com você não enxergue ele?”

V(A<sub>6</sub>) “a gente só consegue ver ela com outro magnetismo de luz.” (mostra uma radiografia).

V(A<sub>8</sub>) “ah... acho que tem a ver com a velocidade.”

V(Prof.) “Velocidade não seria o termo mais adequado, mas acho que todo mundo deve lembrar de algo que foi discutido em sala de aula, que é a frequência.”

Depois dos alunos terem respondido o questionário que elaboramos para tentar levantar algumas impressões deles sobre as atividades e a estrutura do curso, confirmamos o que já havíamos percebidos na gravação da aula sobre essa atividade. Notamos que eles ficaram entusiasmados e participaram muito da atividade e que havíamos acertado ao introduzir o curso com esse tipo de atividade.

#### 4 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Essa foi uma primeira aplicação da atividade. Para garantir o sucesso da atividade, será necessário, no entanto, outros resultados de pesquisa, com a sua aplicação em outras salas de aula. Apesar de ter tido sucesso e sendo bem aceita pelos alunos, somente futuras aplicações poderão fornecer melhores dados para garantir sua sobrevivência em sala de aula.

Contudo, acreditamos que com essa atividade, conseguimos alcançar os objetivos destacados no início, contribuindo para levar uma Física mais atual para sala de aula, que possa dar uma nova motivação para o ensino dessa ciência, ensinando um pouco sobre os raios X. E ainda, que o uso da atividade, contribuiu muito para a discussão do conteúdo, tendo reflexos na aprendizagem dos alunos, que pode ser visto na avaliação.

Assim mostramos que é possível levar a FMC para sala de aula e que, atividades bem planejadas podem auxiliar essa inserção, mesmo que sejam mais simples do que o conceito estudado. Bastando apenas tornar cuidados no momento de fazer a discussão dela.

#### 5 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

ASTOLFI, Jean Pierre et al. **Mots-clés de la didactique des sciences**. Pratiques Pèdagogies, De Boeck & Larcier S. A. Bruxelas, 1997.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Ministério da educação. Secretária da Educação Média e Tecnológica. Brasília, 1999.

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.

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.

- GIL, D. P. et al. La introducción a la Física Moderna: um ejemplo paradigmatico de cambio conceptual. **Enseñanza de las ciencias**. Barcelona: p.209-210, n. Extra, set. 1987.
- MOREIRA, Alysson Magalhães e VALADARES, Eduardo de Campos. 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.
- OSTERMANN, Fernanda; MOREIRA, Marco Antônio. Física contemporânea em la escuela secundaria: uma experiencia en el aula involucrando formación de profesores. **Enseñanza de las ciencias**, Barcelona: v.18, n.3, p.391-404, 2000.
- 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.
- 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.
- SIQUEIRA, Maxwell. **Do visível ao indivisível: uma proposta de Física de Partículas Elementares para o Ensino Médio**. São Paulo: curso de pós-graduação em ensino de ciências –USP, 2006. Dissertação de mestrado.
- SIQUEIRA, Maxwell; PIETROCOLA, Maurício. **A Transposição Didática aplicada a Teoria Contemporânea: A Física de Partículas Elementares no Ensino Médio**. Apresentação: seção de painéis. X EPEF, Londrina, ago/2006.
- STANNARD, R. Modern physics for the young. **Physics Education**, Bristol, v. 25, n. 3, p. 133, May 1990.
- SWINBANK, E. Particle Physics: a new course for schools and colleges. **Physics Education**, v. 27, n. 2, p. 87-91, mar. 1992.
- TERRAZZAN, Eduardo A. A inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino de Física na escola de 2º grau. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. Florianópolis, V.9, n.3, p.209-214, dez.1992.
- TERRAZZAN, Eduardo A. **Perspectivas para a inserção de física moderna na escola média**. São Paulo: curso de pós-graduação em educação – USP, 1994 Tese.