



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO – USP
CAMPUS DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE FÍSICA



MONOGRAFIA PARA LICENCIATURA – FEP 490
PROFESSORA DOUTORA MARIA REGINA DUBEUX KAWAMURA

**ANÁLISE DO SUCESSO DAS ATIVIDADES DE ENSINO E
RECURSOS DIDÁTICOS UTILIZADOS EM UM CURSO DE FÍSICA
MODERNA PARA O ENSINO MÉDIO**

Licenciatura em Física

Período Noturno

Renata C. de Andrade Oliveira

Nº USP: 3683172

Orientador: Prof. Dr. Mauricio Pietrocola

São Paulo

Novembro de 2006

AGRADECIMENTOS

À professora Maria Regina pela orientação nesta disciplina e também durante o curso,
ao professor Maurício pela orientação desta monografia e por dois anos e meio de
muitos ensinamentos, tanto da academia quanto da vida,
aos “lapefianos” Érika, Ivã, Danuza, Bia e Valéria pelos papos e idéias, e especialmente
aos caríssimos Guilherme e Cristina, meus “co-orientadores” da iniciação científica.
às amigas cruspianas Tata, Fer e Gegé, pela amizade e apoio,
ao querido Rô, pelo companheirismo, paciência e carinho.

ÍNDICE

1. APRESENTAÇÃO DO PROJETO DE PESQUISA.....	5
2. A FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO CONTEXTO ESCOLAR.....	7
3. CARACTERIZAÇÃO DO CURSO ELABORADO.....	10
4. METODOLOGIA DE PESQUISA.....	30
5. ANÁLISE.....	32
5.1. Abordagem Histórico-Epistemológica.....	35
5.2. Experiências de Demonstração-Investigativa e Laboratório Aberto.....	38
5.3. Questões e Problemas Abertos.....	43
5.4. Referências Bibliográficas Alternativas para Sala de Aula.....	47
5.5. Recursos Audiovisuais.....	50
5.6. Softwares e Internet.....	52
5.7. Analogias e Metáforas.....	55
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	57
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	59

Terrazzan (1992) disse que devíamos ensinar a Física do século XX antes que ele terminasse. O século XX terminou e os estudantes continuam a conviver com um ensino de Física que não ultrapassa o século XIX.

1. APRESENTAÇÃO DO PROJETO DE PESQUISA

A Física Moderna e Contemporânea é bastante divulgada em forma de divulgação científica e bibliografia de consulta para professores do ensino médio, porém existe escassez de pesquisas que relatem propostas testadas em sala de aula (OSTERMAN e MOREIRA, 2000), por isso optamos por trabalhar com um projeto de atualização dos currículos escolares na área de Física que vem sendo elaborado e aplicado desde 2003, por um grupo formado docentes, alunos de mestrado e iniciação científica do Laboratório de Pesquisa e Ensino de Física da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo e por professores da rede pública de ensino do estado de São Paulo.

Devido à insatisfação com as opções já existentes de ensino de Física Moderna e Contemporânea que geralmente são reduzidas a algumas páginas no último capítulo dos livros de Física do Ensino Médio e, às vezes, sequer são abordadas por alguns autores, o grupo de pesquisadores e professores elaborou propostas de ensino para Mecânica Quântica, com ênfase na discussão sobre dualidade onda-partícula, e Física de Partículas que tiveram como duas características marcantes o tempo de duração do curso, que foi planejado para todo período letivo do terceiro ano do ensino médio, e a preocupação com atividades de baixo custo que fossem acessíveis a todas escolas públicas.

Como a elaboração dessas propostas foi norteada basicamente pela experiência profissional do grupo, faz-se necessário avaliar os resultados referentes à aplicação do curso. Além disso, esta pesquisa justifica-se, segundo Laburú, *et alii* (2003), por ser necessário submeter as propostas educativas constantemente à reflexão crítica, já que a sala de aula é um ambiente mutável que depende das condições espaço-temporais. Portanto nosso objetivo será, a partir da análise de questionários e entrevistas, verificar em quais pontos existe a necessidade de reformulação das atividades de ensino e recursos didáticos.

Nesta monografia consideraremos apenas o curso de Mecânica Quântica devido a seu maior tempo de elaboração e sala de aula, pois este teve início em 2003 e

já está em seu terceiro ano de aplicação, enquanto o curso de Física de Partículas começou em 2004 e está nas salas de aula pela segunda vez.

Atualmente os cursos estão em fase de avaliação e reformulação. Acreditamos essa pesquisa irá colaborar com esse processo.

2. A FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO CONTEXTO ESCOLAR

Durante o século XX a ciência sofreu enormes avanços e se caracterizou como uma forma muito específica de interpretar o mundo natural. A quantidade de inovações e rupturas das teóricas da Física tem alcançado um número muito grande se comparado ao de outros períodos de sua história, em decorrência do rompimento com conceitos e significados clássicos. Teorias como a Relatividade Geral e Restrita, a Mecânica Quântica e a Física de Partículas têm servido como suporte para a produção de conhecimentos em um novo panorama científico.

Essas mudanças, no entanto, não se restringem ao universo científico, pois se refletem na sociedade em geral. Elas se manifestam, por exemplo, nas novas tecnologias, presentes no cotidiano como a música digitalizada, a iluminação pública conta com fotosensores, a medicina dispõe de aparelhos de ressonância magnética, as usinas nucleares são cada vez mais utilizadas na produção de energia em muitos países, fosséis e objetos cerâmicos antigos são datados através de contadores radioativos e o laser tem revolucionado as técnicas cirúrgicas. Mesmo fenômenos espontâneos, como a luz emitida pelo Sol e outras estrelas, podem ser compreendidos se utilizarmos a Física Moderna.

Zanetic (1989) aponta a necessidade da inserção da Física Moderna no Ensino Médio alegando que o desenvolvimento da física é parte integrante da história social, é um produto da vida social e Menezes (2000) afirma que é necessário proporcionar ao cidadão acesso ao conhecimento científico no sentido da Física como visão de mundo, como cultura. Contudo esses novos conhecimentos são apresentados na mídia, em geral, como “curiosidades” que a ciência produz, o que leva o cidadão comum a pensar que o mundo “científico” deva ser restrito aos pesquisadores que o produzem dentro de seus laboratórios, cabendo aos leigos apenas “espiar pela fechadura” para se inteirar do que lá ocorre. No entanto esse conhecimento permeia toda sociedade. Tanto o desenvolvimento tecnológico como as formas de pensar saúde e qualidade de vida estão impregnadas de idéias que têm como base a ciência. Torna-se, com isso, necessário pensar como aproximar a produção da ciência com os conhecimentos que os indivíduos devem ter como cidadãos, para que possa obter um entendimento pleno do mundo que os cerca.

Enxergar o conhecimento físico como meio eficaz de entender a realidade que nos cerca, garantiria vida pós-escolar ao mesmo, permitindo vínculos afetivos que seriam duradouros. (Pietrocola, 2001).

Perceber a beleza que existe na Física também é uma outra maneira de criar vínculos duradouros com o ensino. No caso do curso analisado a beleza da difração de diferentes fontes luminosas em um espectroscópio, por exemplo, causou motivação e entusiasmo para professores e alunos, como no trecho abaixo, transcrito de uma aula do curso de Dualidade Onda-Partícula, onde os alunos, após construírem um espectroscópio, estavam observando, com este novo equipamento, a luz do Sol pela janela da sala de aula¹.

Aluno 1: Dá para ver várias cores!

Aluno 2: Olha aqui! Fica do ladinho (aluna esta se referindo a posição do feixe de luz difratada que é visualizada dentro do espectroscópio). Você viu a luz colorida? Eu vi a luz colorida!

Aluno 3: O nosso dá para ver um arco-íris! Vem ver. Fica tão bonito.

Aluno 1: Gente vocês viram? Fica dentro do cone (aluna quis dizer cilindro). Coloca na luz e olha, que dentro do cone tem um arco-íris.

Aluno 4: Você viu que fica retinho, né?

Parte dos conteúdos modernos são difundidos na sociedade em geral através de programas de televisão, livros e periódicos de divulgação científica. Para Pinto e Zanetic (1999) e Osterman e Cavalcanti (2001) a satisfação da curiosidade e o entusiasmo que os estudantes têm ao aprender, na própria escola, assuntos que lêem em livros ou revistas de divulgação, em jornais ou na Internet, justifica necessidade de atualização curricular. Entretanto na escola, que é uma das principais fontes de formação científica, os currículos de Física continuam limitados aos conteúdos clássicos.

¹ Mais detalhes desta aula são apresentados no capítulo seguinte.

Finalizamos esta parte citando uma colocação encontrada nos Parâmetros Curriculares Nacionais:

Para o Ensino Médio meramente propedêutico atual, disciplinas científicas, como a Física, têm omitido os desenvolvimentos realizados durante o século XX e tratam de maneira enciclopédica e excessivamente dedutiva os conteúdos tradicionais. Para uma educação com o sentido que se deseja imprimir, só uma permanente revisão do que será tratado nas disciplinas garantirá atualização com o avanço do conhecimento científico e, em parte, com sua incorporação tecnológica. (PCN, 2000).

3. CARACTERIZAÇÃO DO CURSO ELABORADO

Primeiramente apresentamos os responsáveis pelo projeto. A equipe foi formada por um professor, um mestrando e uma aluna de iniciação científica da Universidade de São Paulo e cinco professores secundaristas de escolas públicas do Estado de São Paulo. Terrazzan (1992) mostra a importância desse tipo de parceria ao comentar que pesquisadores da universidade pública, não podem enfrentar qualquer proposta para reformulação do ensino de física sem a participação conjunta daqueles que praticam a física escolar: os professores de Física do ensino médio. O envolvimento desses profissionais da forma mais direta possível, em qualquer proposta para reformulação do ensino de Física é ponto fundamental para a efetividade da mesma. A formação do grupo de pesquisa, envolvendo universidade e escola, permitiu a superação de obstáculos institucionais que tem dificultado a efetiva transposição de resultados de pesquisas educacionais para sala de aula.

Devido a grande extensão do conteúdo de Física Moderna foi feita uma seleção dos tópicos a serem trabalhados, realizando-se uma proposta para todo período letivo do terceiro ano ensino médio. O curso enfoca a tema “interação radiação-matéria” que foi escolhido porque:

- Localiza-se na fronteira entre Física Clássica e Moderna
- Oportuniza o entendimento de alguns princípios básicos de Física Moderna (quantização da energia, relação massa-energia)
- Favorece a construção de modelos sobre o mundo microscópico
- Fundamenta o entendimento de uma série de fenômenos físicos (emissão e absorção de radiação) e de produtos tecnológicos (cristais líquidos, laser, células fotoelétricas).

Definidos os conteúdos de Física Moderna, são possíveis duas maneiras de tratá-los na sala de aula: (i) como decorrência da discussão dos limites clássicos. A essa proposta são adeptos Terrazzan (1992) e Pinto e Zanetic (1999) que, além disso, acreditam que devemos mostrar que a nova física possibilitou novas explorações científicas, inimagináveis para os antigos cientistas. (ii) apresentar os conceitos,

modelos e teorias da Física Moderna sem fazer referência aos modelos e conceitos clássicos. Para Terrazzan (1992) essa possibilidade também viável.

O curso de Mecânica Quântica atende essas duas possibilidades, como pode ser observado no diagrama a seguir. Classificamos como *Blocos Principais* as unidades diretamente relacionados a Física Moderna e *Blocos Opcionais* as unidades com conteúdos clássicos. Fica a cargo dos professores escolherem a abordagem que julgam mais adequadas para suas turmas.

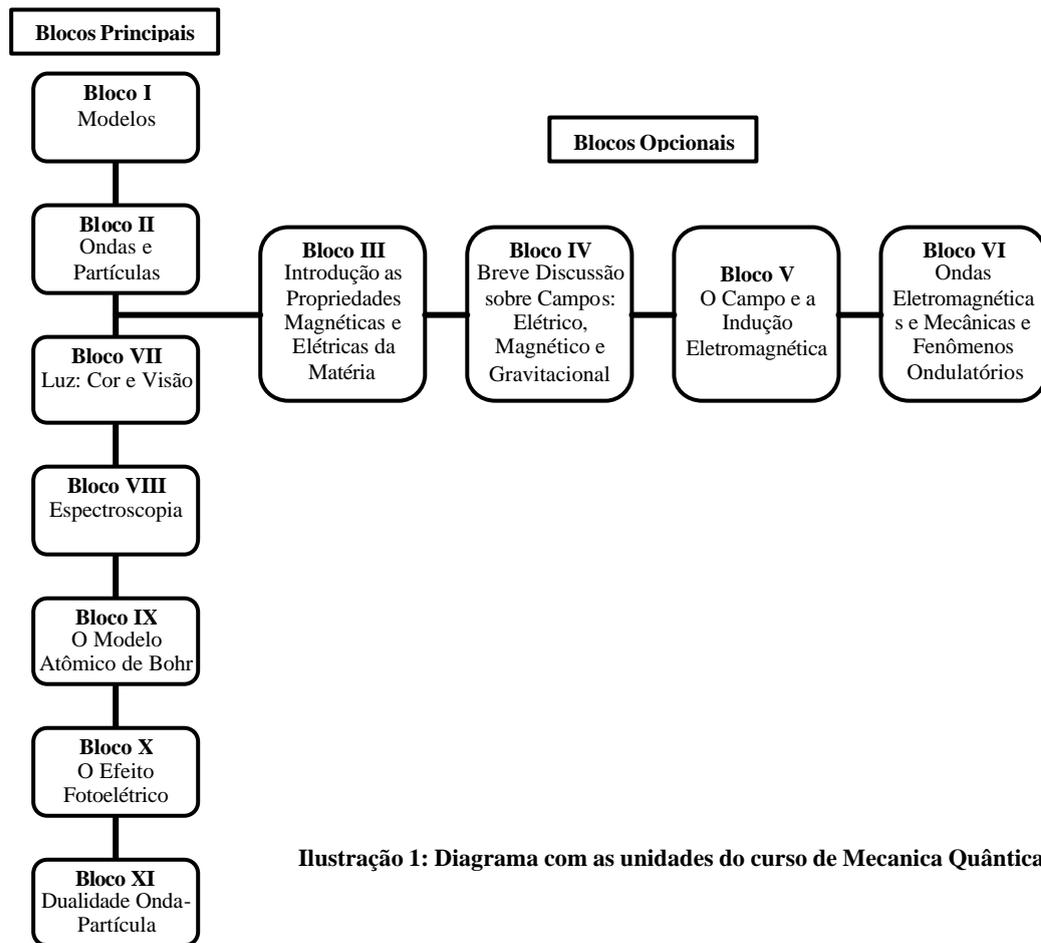


Ilustração 1: Diagrama com as unidades do curso de Mecânica Quântica

Os conteúdos físicos desses blocos são:

- Modelos físicos
- Eletromagnetismo
- Ótica (Cores e Luz)
- Espectros luminosos
- Linhas espectrais
- Modelo atômico de Bohr
- Processos de emissão-absorção da energia
- Quantização de energia
- Efeito foto-elétrico
- Experimento de Mach-Zender
- Dualidade onda-partícula
- Interpretações possíveis da teoria quântica

Com este conteúdo foram produzidas apostilas de orientação para o professor e os alunos, compostas por:

- **Texto de apoio** para embasamento teórico e discussão.
- **Atividades experimentais** com roteiros de preparação e execução, que em alguns momentos são realizadas pelos alunos e outros pelo professor como demonstrações investigativas.
- **Questões** para aprofundamento e sistematização do conteúdo.
- **Recursos de multimídia:** Simulações virtuais com intuito de apresentar experimentos que não podem ser realizados na sala de aula e apresentações em PowerPoint e vídeos como subsídios de aula para o professor.

A seguir apresentamos resumidamente o conteúdo, atividades e recursos de ensino utilizados em cada bloco:

BLOCO I - MODELOS

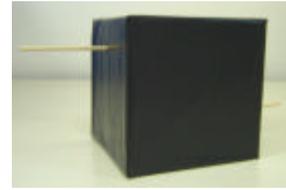
Neste primeiro bloco são discutidos o papel dos modelos na construção do conhecimento físico e estabelecidas as diferenças entre os modelos usados no cotidiano e na ciência.

Texto de Apoio

- *O Que São Modelos?:* Apresenta as relações entre modelos do cotidiano e da ciência.

Atividade Experimental

- *Caixa Preta:* É uma caixa toda revestida de preto e com dois palitinhos em duas laterais opostas. Quando movimentamos um dos palitos o outro também se movimenta, mas no sentido contrário.



Questões

- Faça uma representação (um desenho) do que você acredita ser encontrado dentro desta caixa preta e que seja capaz de explicar coerentemente o que ocorre com os pedaços de madeira.
- É possível “ver” dentro da caixa-preta? Se não pode vê-la por dentro, como consegue descrever o que havia lá?
- Como você define o que é um modelo?
- De acordo com o texto, o que você entendeu por modelo?
- Qual seria, então, o papel dos modelos na Física?
- Você vê alguma conexão entre este texto e a atividade com a caixa preta? Quais?
- Com que os físicos constroem os modelos científicos?
- Por que os modelos mudam na ciência?
- O que faz um modelo ser mais aceito do que outro na ciência?

BLOCO II - ONDAS E PARTÍCULAS

As atividades contempladas neste bloco buscam apresentar aos alunos dois modelos fundamentais no estudo da física: o modelo ondulatório e o modelo corpuscular.

Texto de Apoio

- *Partículas e Ondas:* Apresentação da “anatomia” das partículas e das ondas.

Atividade Experimental

- *Ligar a Lâmpada:* Usando uma bola de tênis, uma mola, uma ponteira laser e dois espelhos, deve-se ligar uma lâmpada que pode ser ativar por um interruptor ou sensor infravermelho. O objetivo dessa atividade é fazer com que os alunos percebam a diferença entre onda e partícula.



Questões

- Quais são as principais diferenças que existem entre as ondas e as partículas.
- Cite algumas situações ou fenômenos onde você acha que atuam partículas e outros onde atuam as ondas.
- Você vê alguma relação entre este texto e o problema de ligar a lâmpada? Qual?
- Há alguma semelhança entre onda e partícula?
- A partir do que lemos no texto, é possível uma onda ser partícula? E uma partícula ser onda? Explique.

BLOCO III - INTRODUÇÃO AS PROPRIEDADES MAGNÉTICAS E ELÉTRICAS DA MATÉRIA

Neste bloco, são exploradas as propriedades elétricas e magnéticas de diversos materiais usando uma atividade investigativa. Esse estudo é importante para a compreensão do conceito de campo do próximo bloco.

Texto de Apoio

- *Entrevista com o Elétron:* O elétron é responsável pelos comportamentos elétrico e magnético da matéria.

Atividade Experimental

- *Experiências Investigativas Acerca das Propriedades Elétrica e Magnética da Matéria:* Primeiramente os alunos devem levantar hipóteses individualmente

sobre os materiais que “grudam” em um ímã e em um canudo eletrizado. Em seguida devem realizar a experiência em grupo para verificarem suas hipóteses.

Materiais	“Gruda” do ímã		“Gruda” no canudo	
	Hipótese	Observação	Hipótese	Observação
isopor				
papel alumínio				
papel picado				
Ímã				
bússola				
fio de cobre				
solda de estanho				
clipe de papel (liga de metais)				
percevejo de latão				
madeira				
vela				
prego de ferro				
borracha				
palha de aço				

Questões

- Consideremos um canudinho eletrizado. Ele atrai vários pedacinhos de isopor. Após certo tempo começam a cair os pedacinhos de isopor. Com base no texto, dê sua explicação para este fato.
- Quando fizemos a experiência, dissemos que o canudinho não é ímã, porque não atrai as mesmas coisas. Como você explica, com base no texto, a diferença entre o canudo eletrizado e o ímã?

BLOCO IV - BREVE DISCUSSÃO SOBRE CAMPOS: ELÉTRICO, MAGNÉTICO E GRAVITACIONAL.

O objetivo deste bloco é apresentar o campo como agente transmissor de informação entre dois pontos e, em seguida, caracterizar e representar os campos elétrico, magnético e gravitacional, discutindo suas propriedades.

Texto de Apoio

- *Uma Leitura sobre Campos:* Aprofunda e sistematiza o conceito de campo.

Atividades Experimentais

- *Pêndulos Detectores de Campos:* O professor constrói três pêndulos: o primeiro com uma bolinha de isopor e um metal dentro, o segundo com um clipe e o terceiro com um pequeno círculo de alumínio. Sem saber da presença do metal no interior do isopor, cada grupo de alunos deve fazer e testar as hipóteses, sobre quais pêndulos serão atraídos pelo ímã e quais são atraídos por canudo eletrizado. Em seguida discutir o comportamento inesperado para o primeiro pêndulo que supostamente não seria atraído pelo ímã e como os pêndulos “sabem” por qual material eles devem ser atraídos e como “percebem” para que lado se movimentarem, ou seja, quem é responsável pela interação dos materiais. A experiência é finalizada apresentando-se o conceito de campo gravitacional e discutindo-se a semelhança entre os três campos.
- *Atividade sobre Linhas de Campo:* Usando uma folha de papel sulfite sobre ímãs e limalha de ferro os alunos devem visualizar e representar as linhas do campo magnético para um ímã sozinho e dois ímãs em atração e repulsão. Em seguida devem colocar uma bússola em diferentes pontos ao redor de um ímã e analisar a direção e o sentido em que a agulha aponta.

Recurso de Multimídia

- Site <http://groups.physics.umn.edu/demo/electricity/5G2030.html> (acessado em 21/09/2006) que disponibiliza dois vídeos sobre alinhamento de domínios magnéticos.

Questões

- Elabore um quadro de resumo das semelhanças e diferenças entre os campos elétrico, magnético e gravitacional (O professor pode colocar a tabela na lousa):

	CAMPO ELÉTRICO	CAMPO MAGNETICO	CAMPO GRAVITACIONAL
A que está associado			
Expressões matemáticas (Discutir sem cálculo, apenas interpretar, mostrando a relação matemática entre as grandezas e seu significado.)			
Até onde chega o campo?			
Intensidades			
Representações (desenhos)			

- Um astronauta chega a um planeta desconhecido chamado X.
 - a) O que ele deve fazer para verificar se esse planeta tem campo magnético? E gravitacional?
 - b) Estando agora em sua nave, orbitando o planeta, ele detectaria alguma mudança nesses campos, caso eles existissem? Qual(ais)? Justifique.
- Explique usando o conceito de campo por que, após pentearmos o cabelo com um pente de plástico, o pente atrai pedacinhos de papel?

BLOCO V - O CAMPO E A INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA

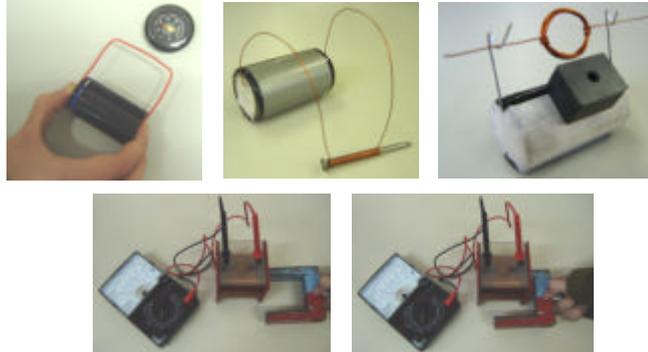
Neste bloco são discutidos o campo eletromagnético e a indução eletromagnética, e alguns de suas aplicações.

Texto de Apoio

- *Interação entre Eletricidade e Magnetismo*: Texto original de Faraday sobre sua experiência.

Atividades Experimentais

- Experiência de Öersted
- Experiência de Faraday
- Eletroímã
- Motor Elétrico Simples
- Gerador



Recurso de Multimídia

- Vídeo *Eletromagnetismo*, da TV Ontário, para sistematizar a discussão do bloco.

Questões

- Dois grupos de alunos, **A** e **B**, reproduziram a experiência de Öersted colocando uma bússola junto a um fio, por onde passava uma corrente elétrica. Apenas o grupo **A** afirmou que existia um campo magnético, que alterou a direção da agulha da bússola. Porque o grupo **B** não conseguiu detectar a presença do campo magnético se realizou a experiência utilizando a mesma corrente elétrica que o grupo **A**?
- Pensando em tecnologia e desenvolvimento científico e social, qual a importância dos trabalhos de Öersted e Faraday?
- Supondo que os resultados obtidos por Öersted e Faraday não tivessem sido obtidos por ninguém até hoje, o que seria diferente na sua vida?
- Faraday conseguiu a indução de uma corrente através do movimento do eletroímã. O trabalho relatado tem algumas características. Assinale quais características você acha que o texto revela, e justifique sua resposta usando o texto:
 - a) inspiração
 - b) persistência
 - c) originalidade (pesquisava algo que ninguém conhecia ou fazia)
 - d) cuidado experimental
 - e) sorte

BLOCO VI - ONDAS ELETROMAGNÉTICAS E MECÂNICAS E FENÔMENOS ONDULATÓRIOS

O principal propósito dessa unidade é compreender as ondas mecânicas e eletromagnéticas e sua forma de propagação, focalizando a luz visível e alguns dos seus fenômenos, procurando estabelecer os conceitos e as propriedades gerais das ondas.

Textos de Apoio

- *A Aceitação do Modelo Ondulatório para a Luz e Algumas de Suas Conseqüências*: Texto histórico sobre a teoria ondulatória da luz.
- *Introdução ao Estudo sobre Ondas*: Introdução e discussão dos conceitos de comprimento de onda, frequência, velocidade de propagação, amplitude e espectro eletromagnético e sonoro.

Atividades Experimentais

- *Atividades Exploratórias Sobre Fenômenos Ondulatórios*
 - *EXPERIÊNCIA 1*: Observação das ondas transversais e longitudinais, usando molas.
 - *EXPERIÊNCIA 2*: Observar a ressonância em um oscilador simples, feito com régua, barbante, mola e arruelas.
 - *EXPERIÊNCIA 3*: Observação da reflexão e refração de um feixe de luz, usando um espelho e um bloco de acrílico.
 - *EXPERIÊNCIA 4*: Difração de um laser por fendas simples e fio de cabelo
 - *EXPERIÊNCIA 5*: Observar reflexão, difração e interferência em uma cuba de ondas.

Recurso de Multimídia

- *Atividade Sobre Campo Eletromagnético, com Uso de Simulação no Computador*: No site www.labvirt.futuro.usp.br os alunos interagem com uma simulação sobre produção e propagação de ondas.

Questões

- (UFMG) Um muro muito espesso separa duas pessoas em uma região plana, sem outros obstáculos. As pessoas não se vêem, mas apesar do muro se ouvem claramente.
 - a) Explique por que elas podem se ouvir.
 - b) Explique por que elas não podem se ver.
- O circuito elétrico de um rádio, por exemplo, possui uma frequência natural de oscilação, que pode ser ajustada com o auxílio do botão de sintonia. Uma estação de rádio é então sintonizada pelo fenômeno de ressonância. Com base nessas afirmações, qual deve ser a frequência ajustada do circuito para que uma estação de 100 MHz seja sintonizada? Justifique.
- Na experiência de difração com um laser, explique por que não é formada uma figura de difração quando o tamanho da fenda for da ordem de centímetros?
- Usando o conceito de reflexão da luz, explique porque conseguimos enxergar nosso corpo inteiro em um espelho cujo comprimento é menor que nossa altura.
- Explique porque conseguimos enxergar a Lua se ela não é uma fonte de luz (emite luz própria)?
- Explique por que temos a impressão que um lápis mergulhado em um copo com água está quebrado?
- Explique, usando o fenômeno de interferência, por que é importante que os fornos de microondas contenham pratos giratórios para que os alimentos sejam cozidos de forma homogênea.
- Num forno de microondas as ondas eletromagnéticas são refletidas inúmeras vezes em seu interior. Essas ondas ficam ricocheteando dentro do forno até encontrarem o alimento e transferirem sua energia para ele, atuando essencialmente nas moléculas de água da comida. Por essa razão é que os alimentos não douram no forno de microondas, já que a água ferve a cerca de 100°C e enquanto está fervendo, não muda sua temperatura. Assim no forno de microondas os alimentos atingem temperaturas por volta dos 100°C , que não é suficiente para dourá-los e provocar recombinações nas suas estruturas moleculares, o que dá o sabor que nós conhecemos no forno convencional (200°C a 400°C). Pensando nessas informações, responda:
 - a) Por que os plásticos e vidros não se aquecem quando colocados sozinhos no forno de microondas?

- b) Por que o ovo estoura se colocado com casca ou mesmo se não o furarmos?
- c) Por que não podemos secar roupa no forno de microondas?

BLOCO VII – LUZ: COR E VISÃO

Nesse bloco será abordada a interação da luz com outras fontes luminosas e pigmentos e a percepção das cores.

Texto de Apoio

- *O Que é Cor:* Discussão do que é cor e como percebemos as cores dos objetos.
- *Luz e Cor:* Apresentação da luz como onda eletromagnética e discussão da sua interferência na percepção das cores.

Atividades Experimentais

- *Caixa de Cores:* É uma caixa forrada de preto, com figuras coloridas em uma das laterais e uma lâmpada com filtros de três cores (vermelho, verde e azul) do lado oposto, abaixo de um orifício para observação. Cada grupo de alunos deverá olhar a caixa com um filtro diferente e, posteriormente, discutir suas observações com a sala. Esta atividade tem por objetivo trabalhar a concepção espontânea dos alunos de que a cor depende apenas do objeto.

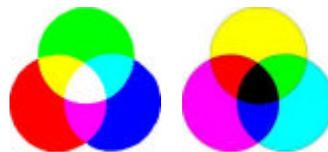
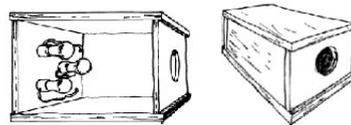


Caixa de cores vista de cima



Orifício de observação e filtros coloridos

- *Mistura de Luzes e Pigmentos:* Primeiramente os alunos misturam as cores primárias das tintas (amarelo, magenta, ciano) aos pares e depois todas elas. Em seguida o professor mostra a mistura das luzes usando um canhão com as cores primárias de luz (vermelho, verde, azul). O objetivo dessa atividade é mostrar que a mistura de luzes é diferente da mistura de pigmentos.



Questões

- Relembre das cores primárias, e dos cones em nossa retina que nos permite identificar a cor de um objeto ou de uma fonte de luz. Imagine um conjunto de raios de luz formado apenas pelas cores azul, verde e vermelha. Ao atingir nossos olhos, qual será “a cor dessa luz”. Agora, imagine que esses raios são utilizados para iluminar uma sala. Aos nossos olhos, qual será a cor de um objeto que era azul quando exposto a luz solar? E se o objeto fosse amarelo na luz do Sol, o que enxergaríamos se ele fosse exposto apenas ao nosso conjunto de raios.
- Imagine que você está organizando uma recepção ao embaixador da Bélgica em um grande salão iluminada por **várias** lâmpadas no teto. Na última hora, você percebe que um funcionário seu cometeu um terrível engano, colocando em destaque a bandeira da Romênia, e você não tem mais tempo para arranjar a bandeira correta. Tendo apenas folhas de várias cores de papel celofane, o que você poderia fazer para consertar essa situação?
- Apontando um controle remoto para uma TV, conseguimos fazer com que ela ligue. Por que a luz de uma lanterna apontada para a TV, não consegue fazê-la ligar, uma vez que tanto no controle quanto na lanterna o que são emitidas são ondas eletromagnéticas?



Bandeira da Bélgica
– preto amarelo e
vermelho



Bandeira da Romênia
- azul, amarelo e
vermelho

Recurso de Multimídia

- *Qual é a Cor da Cor?* : Apresentação em PowerPoint para sistematizar o conteúdo do bloco.

BLOCO VIII – ESPECTROSCOPIA

Nesse bloco é iniciado o estudo da espectroscopia da luz através da construção de um espectroscópio e da observação de várias fontes luminosas.

Texto de Apoio

- *Espectroscópio*: Discussão do funcionamento do espectroscópio como rede de difração e como prima e dos diferentes tipos de lâmpadas incandescentes e de descarga elétrica em um gás.

Atividades Experimentais

- *Espectroscópio*: Com materiais simples e de baixo custo os alunos constroem um espectroscópio caseiro.



- *Observação de Diferentes Espectros*: Usando um suporte com um soquete a professora mostra diferentes lâmpadas para os alunos observarem com o espectroscópio que construíram, para que eles estabeleçam a diferença entre espectros contínuos e discretos.



Questões

- Que vantagem proporciona o revestimento de pó fosforescente na superfície interna de uma lâmpada a gás?
- Qual o principal fenômeno ondulatório presente no espectroscópio com prisma e no espectroscópio construído com pedaços de CD?
- Os dois tipos de espectroscópio, com prisma ou com pedaços de CD, conseguem a dispersão da luz destacando cada cor que a compõe separadamente. Qual deles é mais vantajoso e qual o motivo desta vantagem?
- Qual a diferença entre os espectros contínuos e os espectros de raias ou bandas? Represente com um desenho.

BLOCO IX – O MODELO ATÔMICO DE BOHR

Nesse bloco é feita a sistematização dos conceitos de espectro contínuo e discreto e apresentada a explicações semi-clássica para os espectros de emissão e absorção através do modelo de Bohr.

Texto de Apoio

- *O Modelo Atômico de Bohr*: Apresentação, em PowerPoint, do modelo de Bohr para explicar os espectros de emissão e absorção.

Atividade Experimental

- *Brincando de Astrônomo*: Cada grupo recebe o espectro de alguns elementos químicos impressos em folha de sulfite e o espectro de algumas estrelas impressos em transparência. Os alunos devem verificar quais



Espectro de uma estrela



Espectro do Lítio

elementos presentes nas estrelas a partir da sobreposição dos espectros.

Recursos de Multimídia

- No site da Universidade Federal do Rio Grande do Sul <http://astro.if.ufrgs.br/rad/espec/espec.htm> os alunos lêem o texto histórico e fazem a simulação para observar as linhas espectrais de alguns elementos químicos.
- *O Modelo Atômico de Bohr*: Apresentação em PowerPoint para discutir os níveis de energia do átomo.

Questões

- Quando uma substância está emitindo luz, o que deve estar acontecendo com os elétrons de seus átomos?
- Em que consiste a espectroscopia?
- O que significa dizer que o espectro do mercúrio apresenta apenas cinco cores?
- O que representa em termos físicos a expressão de Max Planck $E = h \cdot \nu$ para uma onda eletromagnética?
- Quando estudamos os espectros, vimos que há espectros contínuos e discretos, e que o modelo atômico de Rutherford não explicava o espectro discreto. Como se explica a existência desse tipo de espectro usando o modelo de Bohr?
- O que é um espectro de emissão? Explique usando o modelo atômico de Bohr.
- Qual a diferença entre o espectro de emissão e o de absorção?
- “Uma amiga sua sugere que, para o bom funcionamento, os átomos de gás neônio no interior de um tubo deveriam ser periodicamente substituídos por átomos frescos, pois a energia dos átomos tende a se exaurir com a contínua excitação dos mesmos, produzindo uma luz cada vez mais fraca, como vemos nas lâmpadas fluorescentes”. Você concorda ou discorda dessa afirmação? Justifique.
- Por que não brilhamos no escuro?

BLOCO X - O EFEITO FOTOELÉTRICO

Nesse bloco é abordada a dualidade onda-partícula para a luz, a partir da crise do modelo ondulatório.

Texto de Apoio

- *O Efeito Fotoelétrico e o Abalo no Modelo Ondulatório da Luz*: Apresentação do efeito fotoelétrico e discussão histórica da luz como partícula.

Recursos de Multimídia

- Simulação no site espanhol <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/cuantica/fotoelectronico/fotoelectronico.htm> sobre o efeito fotoelétrico com diversos metais, com objetivo de aprofundar a compreensão do assunto.
- Vídeo *Dualidade Onda-Partícula* da TV Ontário, capítulo *O modelo de partícula* para que os alunos visualizem a experiência do efeito fotoelétrico.

Questões

- Preencha o quadro abaixo com três das previsões da teoria clássica que não foram confirmadas pela experiência do Efeito Fotoelétrico.

Previsão da Teoria ondulatória para a Luz no Efeito Fotoelétrico (clássica)	A experiência do Efeito Fotoelétrico

- Simplificadamente relate o que significa, em termos práticos, aumentar a intensidade da luz no modelo ondulatório e no corpuscular?
- Uma luz mais intensa sobre uma superfície metálica arrancará mais elétrons que uma luz com pouca intensidade? Como isso é explicado pelo modelo corpuscular (fóton)?
- Por que uma luz vermelha muito intensa não transfere mais energia a um elétron ejetado do que um fraco feixe de luz ultravioleta?
- Queimaduras solares produzem danos às células da pele. Por que a radiação ultravioleta é capaz de produzir tais danos, enquanto a radiação visível, ainda que muito intensa não é capaz?
- Qual você **acha** que seja a verdadeira natureza da luz: ondulatória ou corpuscular? Justifique.

BLOCO XI - DUALIDADE ONDA-PARTICULA

Nesse bloco são discutidos o interferômetro de Mach Zehnder e os resultados experimentais que mostram quatro possíveis interpretações da natureza da luz e ao final uma breve discussão sobre realidade e realismo científico

Texto de Apoio

- *Dualidade Onda-Partícula*: Apresentação do Interferômetro de Mach-Zehnder e discussão das quatro interpretações para a natureza da luz.

Atividade Experimental

- *Analogia com a Pessoa-Fóton*: Uma pessoa desconhecida dos alunos enrolada num lençol, da cabeça aos pés de modo que não possa ser identificada, nem pelo sapato, tem dois caminhos para andar, um leva para o banheiro feminino e outro para o banheiro masculino. O problema proposto é determinar o sexo da pessoa a partir do seu comportamento. O objetivo dessa apresentação é fazer uma analogia entre a dualidade da pessoa e a dualidade da luz.

Recurso de Multimídia

- Exibição do filme Matrix, Dir: Irmão Wachowski, para discutir a realidade e como o homem interage com ela.

Questões

- Preencha o quadro sistematizando as quatro interpretações para a natureza da luz.

	Ondulatória	Corpuscular	Complementaridade	Dualista-Realista
A luz é...				
Explicação da experiência do interferômetro				
Explicação para um fóton				

- Por que você acha que existem tantas interpretações diferentes para a natureza da luz?
- Como você associa esse experimento com a atividade da pessoa escondida pelo lençol?
- A partir do que viu aqui, como você acha que é a natureza da luz? Qual das quatro interpretações mais o agrada? Por quê?
- De acordo com a interpretação da complementaridade, pode-se pensar o seguinte: Se um átomo existe somente quando olhamos para ele, o meu corpo é feito de átomo, será que meu pé existe quando não estou olhando para ele?

4. METODOLOGIA DE PESQUISA

A estrutura metodológica do curso foi estruturada tendo como base uma experiência pedagógica anterior (CARVALHO, 1998, 1999), que obteve grande aceitação na sala de aula e também foi feita a partir da parceria pesquisadores da Universidade e professores da rede pública.

Essa experiência pedagógica tem por base a diversidade metodológica e foi planejada usando:

- Abordagem histórico-epistemológica
- Experiências de demonstração investigativa
- Laboratório aberto
- Questões e problemas abertos
- Referências bibliográficas alternativas para sala de aula (Textos de apoio)
- Recursos audiovisuais
- Softwares e Internet
- Analogias e metáforas

Laburú, *et alii* (2003) também defende o pluralismo metodológico ao argumentar que é questionável uma ação educacional baseada num único estilo didático, que só daria conta das necessidades de um tipo particular de estudante e não de outros e que quanto mais variado e rico for o meio intelectual, metodológico ou didático fornecido pelo professor, maiores condições ele terá de desenvolver uma aprendizagem significativa da maioria de seus alunos. Assim optamos por pautar nossa análise a partir das linhas metodológica de ensino, avaliando as atividades e recursos relacionados a cada item.

Uma das fontes de dados foi um questionário de fim de curso elaborado pelos professores do grupo de pesquisa em 2003. Este foi respondido, no final do curso, por quatro turmas de trinta e cinco alunos, em média, de três escolas estaduais de São Paulo, nos anos de 2004 e 2005.

O questionário tem dois momentos: o primeiro trata da participação dos alunos e do desempenho do professor e o segundo aborda as atividades e materiais utilizados no

curso. Portanto, devido aos objetivos dessa pesquisa, nossa atenção foi voltada exclusivamente para a segunda parte. Devemos, ainda, salientar que algumas perguntas são quantitativas ou de múltipla escolha enquanto outras permitem respostas discursivas e/ou comentários.

Utilizaremos também como fonte dados uma entrevista realizada com uma das turmas do ano letivo de 2004, realizada por Brockington (2005) para sua dissertação de mestrado.

Devido ao formato dos dados utilizados, em alguns momentos de nossa análise apresentaremos elementos estatísticos, juntamente com uma avaliação qualitativa e em outros nos basearemos apenas nos relatos e comentário dos alunos.

5. ANÁLISE

A diversidade metodológica e o novo conteúdo permitiram mudar a visão que os alunos tinham da Física, como podemos perceber abaixo nos trechos das entrevistas² e comentários extraídos dos questionários.

Trechos das entrevistas:

ENT: E agora a matéria em si, o tema em si. O que você achou?

DAN: Bem diferente. Não era o que eu esperava e nunca iria esperar ficar vendo luz, espectro, aquele monte de coisa muito diferente.

ENT: O que você não gostou da aula? O que você teve que você não gostou do curso?

PAU: Dizer assim que eu não gostei.. não posso dizer um ponto positivo, um ponto certo, porque eu gostei. Eu gostei assim do lado que eu aprendi, porque eu nunca tinha visto Física de um jeito assim, entendeu? Eu via Física como se fosse Matemática. Aí é bom porque eu aprendi muito a ver a Física de outra maneira, ver coisas legais na Física, desenvolver minha curiosidade. Porque, tipo, acho que o mais importante para mim é desenvolver minha curiosidade para aprender.

ENT: E você acha que quando você fez isso conseguiu ficar mais curioso com alguma coisa?

PAU: Fiquei, “mano”. Tem muita coisa que você faz aí que desenvolver a curiosidade. A aula fazia a gente desenvolver a curiosidade. Que eu acho que a coisa que mais faz a pessoa aprender que é o ato da curiosidade da pessoa.

ENT: Você achou diferente dos outros anos que você teve?

² Nos trechos de entrevistas e comentários/respostas dos questionários o nome dos alunos foi substituído pelas primeiras três letras do nome, sendo “ENT” utilizado para identificar o entrevistador.

NAT: Foi. Os outros foram mais o que a professora passava na lousa, a gente copiava, fazia exercício, nada de uma explicação, assim como a gente teve esse ano.

ENT: Acho que você veio a maioria das aulas ou quase todas elas. O que você achou do curso?

AND: Eu achei interessante. Como eu escrevi naquela folha... porque antes tinha aquele negócio, eu tinha uma idéia de Física como fórmula e descobri que era completamente diferente.

(...)

ENT: E tem essa discussão, assim, mais filosófica... O que você acha?

AND: Interessante.

ENT: É? Você espera isso numa aula de Física, não espera? Você esperava ter isso numa aula de Física ou não?

AND: Não. Assim escola pública eu acho que não.

ENT: Você acha que escola particular...

AND: Não. Não é nem questão de escola, é porque aquela visão... eu sempre tinha como se fosse uma visão de conta a disciplina

ENT: Então você gostou...

MAR: É! Eu gostei. Eu não esperava isso de Física. Sinceramente, porque eu sou uma pessoa que odeia a parte de exatas, então, tipo, Química, Matemática, tudo que é relacionado com conta, com essas coisas eu odeio. Mas Física esse ano eu vi que era diferente. Assim por mais que eu não... gostei, eu gostei, eu gostei...

Trecho do questionário:

“Nos anos anteriores só se via formulas e contas e mais contas. Neste ano vi muito além de umas simples fórmulas, mas sim um mundo cheio de curiosidades e enigmas que me atraem.” - **Sem nome**

Nesses relatos podemos perceber que os alunos gostaram do curso devido às novas abordagens metodológicas, que não estiveram presentes nas aulas de Física dos anos anteriores e ao novo conteúdo que foi considerado instigante e desafiador por despertar a curiosidade, e assim estimular a vontade de aprender.

Por fim é necessário salientar que esse trabalho visa apenas avaliar se as atividades propostas pelo curso obtiveram sucesso na sala de aula, e pouco se atentarà a valoração das mesmas, ou seja, pretendemos avaliar o sucesso das estratégias e recursos utilizados quanto à satisfação e aceitação dos alunos a uma nova proposta curricular. Neste momento não será possível focar o aprendizado dos alunos, uma vez que os dados coletados não permitem esta avaliação.

5.1. Abordagem Histórico-Epistemológica

Diversos motivos justificam o uso dessa linha metodológica nas aulas de Física Moderna. Para Terrazzan (1992) e Pinto e Zanetic (1999) certas dificuldades presentes no ensino deste conteúdo, como o tratamento matemático que está fora das possibilidades do ensino médio, podem ser “contornado” pela utilização da História da Ciência, como opção de um estudo mais qualitativo e menos formal. Segundo Fagundes (1997) a utilização de História e Filosofia da Ciência como estratégia de ensino, rompe com a estrutura curricular e metodológica das abordagens tradicionais no ensino de Física. Para Matthews (1995) um tratamento mais histórico tornar as aulas de física mais desafiadoras e reflexivas, permitindo deste modo, o desenvolvimento do pensamento crítico. Além disso, para Pietrocola (2003) a dimensão temporal do conhecimento manifesta-se quando se toma consciência que as teorias não são fruto de revelações, mas de um complexo processo histórico de construção. Por isso é fundamental mostrar como o pensamento se modifica com o tempo, evidenciando que as teorias científicas não são “definitivas e irrevogáveis”, mas objeto de constante revisão.

Os conteúdos de história da ciência estão presentes, sobretudo nos textos e em algumas discussões das aulas. Essa abordagem metodológica é explicitamente utilizada nos seguintes blocos:

- **Bloco V - O Campo e a Indução Eletromagnética:** Texto *Interação entre Eletricidade e Magnetismo* que foi adaptado de escritos originais de Faraday sobre suas experiências.
- **Bloco VI - Ondas Eletromagnéticas e Mecânicas e Fenômenos Ondulatórios:** Texto histórico sobre a teoria ondulatória da luz *A Aceitação do Modelo Ondulatório para a Luz e Algumas de Suas Conseqüências*
- **Bloco IX – O Modelo Atômico de Bohr:** Leitura do texto histórico sobre as técnicas e estudos da espectroscopia, disponível no site da Universidade Federal do Rio Grande do Sul <http://astro.if.ufrgs.br/rad/espec/espec.htm> .
- **Bloco X - O Efeito Fotoelétrico:** Texto histórico *O Efeito Fotoelétrico e o Abalo no Modelo Ondulatório da Luz* que apresenta a luz como partícula.

Abaixo apresentamos trechos da entrevista e questionários, nos quais alunos comentam a nova abordagem metodológica adotada:

Trechos da entrevista:

ENT: Você faltou umas aulinhas e tal, mas durante as vezes que você vinha, você participava. O que você achou do curso?

DAN: Bom! Achei que o curso foi interessante, como você estava explicando ontem... Não! Antes de ontem! Que não envolveu muita conta, a gente precisou trabalhar mais o cérebro, porque não estava aquela coisa bem explicadinha, que era só pegar a fórmula e sair resolvendo. Não. A gente teve que parar e pensar e achar a solução. Buscar respostas.

ENT: E o que você achou disso?

DAN: Eu achei legal. Porque eu aprendi. Eu errava filosofia, eu odeio pensar, preferia... prefiro até hoje as coisas que envolvem mais razão. Só que eu vi que pensando a gente consegue, sei lá, trabalhar melhor. Torna até mais gostoso.

(...)

ENT: Então essa discussão mais “filosófica” você achou legal?

DAN: Achei. Muito legal.

ENT: Você esperava isso na aula de Física ou não?

DAN: Não. Não esperava. Eu já estava imaginando...“Putz!” Ah! Física... Terceiro ano... não quero nem ver o tanto de contas que vou ter que fazer.

ENT: Agora, sinceramente, de algum jeito você ficou mais interessada, ou menos interessada, ou foi a mesma coisa?

DAN: Não. Fiquei mais interessada por saber que eu posso achar as perguntas que não vai ter só numa fórmula. Assim, eu mesma conseguir pensar, parar e pensar.

ENT: Você gostou disso?

DAN: Gostei “prá caramba”.

Trechos dos questionários:

“Não tivemos só ‘física’, mas também aprendemos sobre a origem de alguns experimentos, o antagonismo que ocorria entre a teoria Ondulatória e Corpuscular.” – **FEL**

“Na sinceridade, eu achava que iríamos aprender muitas fórmulas de ser decoradas e poucos textos (...) Agora eu sei que essas fórmulas que aprendemos não é para serem decoradas e que teve muitos textos para vermos o que estava acontecendo” - **Sem nome**

A partir dos relatos apresentados pudemos verificar que os alunos ficaram surpresos com a nova abordagem, pois estavam muito acostumados com o “formulismo” matemático, visto que estão habituados com conteúdos de Física freqüentemente apresentados como produto acabado e fruto da mente dos grandes gênios, como se não houvesse conflitos nem problemas a serem desenvolvidos no mundo científico (PCN, 2000). Além disso, os estudantes demonstram muita satisfação com a ênfase em argumentações de cunho filosófico e que privilegiam a interpretação dos conceitos, porque estimularam o raciocínio na busca de respostas que exigiam mais que simples aplicação de fórmulas.

5.2. Experiências de Demonstração-Investigativa e Laboratório Aberto

As demonstrações realizadas em sala podem ser chamadas de investigativas porque os alunos foram levados a participar da formulação de hipóteses e da análise dos resultados obtidos acerca de um problema proposto pelo professor (Lewin e Lomascólo, 1998). Ou seja, essas experiências são demonstrações porque são feitas pelo professor e observadas pelos alunos, mas são investigativas, na medida em que fazem os alunos refletirem sobre o que estão vendo e buscar a explicação no modelo teórico. Para Alves Filho, 1987 outras funções básicas desse tipo de experiência são: ilustrar tópicos trabalhados em aula, complementar conteúdos tratados em aulas teóricas, facilitar a compreensão e tornar o conteúdo.

Nessa proposta o aluno deixa de ser apenas um observador das aulas, muitas vezes, expositivas, passando a exercer grande influência sobre ela, ou seja, o professor torna-se um orientador em sala de aula, conduzindo seus alunos, através de argumentações e um diálogo questionador, ao levantamento de hipóteses acerca da atividade experimental apresentada, fazendo os alunos serem ativos no processo de construção do conhecimento. (CARVALHO, *et alii*, 1999).

A atividade deve começar com um problema ou questão que estimule a curiosidade científica dos alunos, mas que não sejam muito específicos, de modo que possam gerar uma discussão bastante ampla. Além disso, a investigação deve estar bem fundamentada e contextualizada para que os estudantes vejam sentido na atividade.

Também é interessante fazer uso das demonstrações investigativas quando não for possibilidade de disponibilizar as experiências para todos alunos, seja por um tempo curto para explorar um determinado conteúdo ou devido ao difícil acesso e manuseio de materiais equipamentos.

No curso foram realizadas atividades de investigação envolvendo o professor e toda sala nos seguintes momentos:

- **Bloco I - Modelos:** Experiência da *Caixa Preta*, pois os alunos não podiam saber o que tinha dentro da caixa, já que o objetivo da atividade era elaborar um modelo para o seu mecanismo de funcionamento.

- **Bloco IV - Breve Discussão sobre Campos: Elétrico, Magnético e Gravitacional:** Experiência dos *Pêndulos Detectores de Campos*, pois os alunos não podiam saber da existência de um pedaço de metal dentro do pendulo de isopor, já que o objetivo da atividade era que discutir o comportamento inesperado do isopor sendo atraído pelo imã.
- **Bloco V - O Campo e a Indução Eletromagnética:** *Experiência de Faraday*, pois os equipamentos necessários (multímetro, bobina com cerca de 300 voltas e imã potente) não puderam ser distribuídos para todos os alunos, devido a seu alto custo.
- **Bloco VI - Ondas Eletromagnéticas e Mecânicas e Fenômenos Ondulatórios:** A experiência da *Cuba de Ondas* na seqüência de *Atividades Exploratórias Sobre Fenômenos Ondulatórios*, devido a dificuldade de manuseio e o alto custo do equipamento.
- **Bloco VII - Luz: Cor e Visão:** Experiência da *Mistura de Luzes e Pigmentos*, devido à impossibilidade de disponibilizar um canhão com as cores primárias de luz para todos os grupos.
- **Bloco XI - Dualidade Onda-Partícula:** Experiência da *Analogia com a Pessoa-Fóton*, pois foi uma simulação teatral para fazer uma analogia do Interferômetro de Mach-Zehnder.

Além das atividades listadas acima, os alunos também tiveram oportunidade de construir e manipular experiências em todas as unidades do curso, através de laboratório aberto.

Nesse tipo de laboratório o aluno participa ativamente de todas as etapas, desde a elaboração de hipóteses, passando pela manipulação dos experimentos, até a elaboração da conclusão, junto com o professor. O laboratório aberto é uma atividade bastante importante, pois coloca o aluno em contato com o trabalho científico, tal como ele é feito (CARVALHO, *et alii*, 1999).

Segundo Carrasco (1991), as aulas de laboratório devem ser essencialmente investigações experimentais por meio das quais deve se resolver um problema, não apenas a verificação pura e simples de fenômenos. No laboratório aberto outros objetivos são considerados como de maior importância, como, por exemplo, mobilizar

os alunos para a solução de um problema científico e, a partir daí, levá-los a procurar uma metodologia para chegar à solução do problema, às implicações e às conclusões dela advindas. Para Alves Filho (1987) o laboratório aberto vem de encontro ao laboratório convencional porque não apresenta a rigidez organizacional, já que sua dinâmica de trabalho possibilita que os estudantes a resolução de problemas cujas repostas não são pré-concebidas, adicionados ao fato de poder decidir quanto ao esquema e ao procedimento experimental a ser adotado.

Assim as experiências partiram de um problema inicial, seguida do levantamento de hipóteses quanto à resolução do problema, teste das hipóteses e discussão dos resultados, inicialmente no próprio grupo e depois com toda a turma para comparar os resultados gerais, a partir das hipóteses elaboradas por cada grupo.

O laboratório aberto esteve presente em todas as unidades do curso, como pode ser verificado no capítulo três, exceto no Bloco I, no qual a única atividade experimental é de demonstração investigativa.

Para mostrar a opinião dos alunos sobre as atividades experimentais, apresentamos abaixo trechos de relatos dos questionários e entrevistas e também uma tabela com dados quantitativos dos questionários:

Trechos dos questionários:

“Nos cursos anteriores as atividades eram mais teóricas dificultando o aprendizado, já esse ano foram mais atividades práticas, experiências, ajudando a compreender melhor a física.” – **SIM**

“As experiências que se tinham em praticamente todas as aulas, foram bem interessantes ajudaram a entender a matéria dada. Foi um ótimo ano...” – **CAM**

“(...) experimentos realizados em sala, enfim, aprendemos muito porque é mais fácil se guardar a teoria, quando vemos realmente (prática) como elas foram realizadas. Isto torna as aulas mais envolventes” – **FEL**

Trechos da entrevista:

ENT: Você estava sempre nas aulas, então o que você achou do curso?

PAU: O curso é... Dá, tipo, para o cara aprender muito. Porque é bem diferente do que você aprende antes do que você aprende agora. Se você pega, tipo... Se você vê alguma coisa na prática é muito mais fácil de você aprender do que você ver uma coisa na teoria. Entendeu? Isso que faz a aula ficar melhor, mais divertida, mais dinâmica. Assim a conversa que fica legal, a discussão assim que faz você aprender.

ENT: O que você achou do curso? O que você achou desse ano estudando isso?

FEL: Incomum. Porque os professores passam a matéria na lousa, passa prova, assim... essa professora fez mais aula prática.

ENT: Bárbara, o que você achou do curso, assim, o ano inteiro?

BÁR: Ah! Eu gostei. Eu vi bastante coisa. Eu gostei mais porque, assim, nos outros anos eu não tive Física, porque aqui nessa escola um professor e nada dá na mesma. Então a gente teve bastante aula, foi no laboratório, coisas que a gente usou, os experimentos são legais também, sei lá. Legal.

ENT: E com relação as outras... não só o que você já viu de Física, mas as outras disciplinas. O que você achou de mais diferente do curso em relação a isso?

MAR: Relacionado as outras?

ENT: É. O que você está acostumado na escola.

MAR: A dinâmica. Acho que foi diferente o método de ensino. Tipo, interagiu mais com os alunos, entendeu? Sei lá. Experiências...tudo.

ENT: Você gostou disso?

MAR: É foi legal porque é uma forma de aprender também. Porque só ficar sala de aula, lousa, caderno “enche o saco”.

Tabela:

Recursos Utilizados \ Importância	Muito relevante (%)	Mediamente relevante (%)	Pouco relevante (%)	Sem resposta (%)
Experiências	60	22	03	15

Tabela 1: Dados quantitativos dos questionários em relação às experiências.

Na tabela acima podemos observar que 82% dos alunos acharam as experiências importantes para seu aprendizado. Esses dados juntamente com os relatos dos estudantes mostram que as atividades experimentais têm importância por ajudarem na compreensão do conteúdo e tornaram as aulas mais divertidas, dinâmicas e envolventes.

5.3. Questões e Problemas Abertos

As questões foram importantes para discutir e aprofundar a teoria apresentada (CARVALHO *et alii*, 1999). No curso de Mecânica Quântica as questões apareceram em todos os blocos sempre no final dos textos de apoio ou ao final de cada unidade. Algumas eram resolvidas durante a aula e outras eram resolvidas em casa e discutidas na aula seguinte. Em alguns momentos, sobretudo no final dos blocos de Física Clássica, também foram apresentados exercícios. Por serem exercícios comuns à maioria dos livros didáticos e vestibulares optamos por não discuti-los.

Os problemas abertos foram situações mais gerais, que foram apresentadas aos grupos ou à classe, introduzir a necessidade novos conceitos e discussão de condições de para a resolução de um problema físico (CARVALHO, *et alii*, 1999). Os problemas apareceram durante todas as atividades investigativas, tanto para iniciar uma nova experiência, quanto durante a investigação.

Segundo Carvalho, *et alii* (1999) quando um problema é proposto o professor deixa de agir como transmissor do conhecimento, passando a agir como um guia, levando o aluno a refletir e buscar explicações e participar das etapas de um processo que leve à resolução.

Uma possível orientação na resolução de problemas é se perguntar como os cientistas resolvem um enigma. Eles se comportam como investigadores. O trabalho científico tem como característica fundamental a resolução de problemas abertos, impondo condições simplificadoras. Nessa situação um raciocínio em termos de hipóteses vai orientar a resolução. Os problemas abertos conduzem aos alunos a fazer hipóteses, imaginar quais devem ser os parâmetros pertinentes e as formas como eles entrevem (GIL, *et alii*, 1992).

Abaixo apresentamos uma tabela feita a partir das repostas ao questionário com relação à importância das questões:

Avalie as questões e exercícios propostos no curso de física	Quanto à compreensão	Foram muito fáceis de entender (%)	Foram fáceis de entender (%)	Foram difíceis de entender (%)	Foram muito difíceis de entender (%)	Sem resposta (%)
		03	47	50	00	00
	Quanto à dificuldade na realização das questões e exercícios	Foram muito fáceis de responder (%)	Foram fáceis de responder (%)	Foram difíceis de responder (%)	Foram muito difíceis de responder (%)	Sem resposta (%)
		03	28	66	00	03
	Quanto à quantidade de questões e exercícios	Foram muitas (%)	Foram poucas (%)	Foram suficientes (%)	Foram insuficientes (%)	Sem resposta (%)
		07	07	83	03	00

Tabela 2: Dados quantitativos dos questionários em relação às questões e exercícios.

Segundo os dados acima para 50% dos alunos as questões foram de fácil compreensão e para outra metade de difícil compreensão. Quanto à resolução 66% dos estudantes avaliaram como difíceis. E em relação ao número de questões propostas 83% acham que foram suficientes.

A aceitação da quantidade de questões foi muito boa, por isso nesse ponto não devem ser feitas alterações, porém é necessário uma reavaliação do grau de dificuldade e compreensão. Os índices não satisfatórios nesses dois últimos aspectos podem ter sido consequência do fato dos alunos estarem habituados apenas a exercícios tradicionais. Soluções possíveis são a introdução gradual de atividades dessa modalidade e sua resolução em aula, aonde o professor pode orientar e acompanhar a discussão dos estudantes.

Julgamos conveniente avaliar, também, a interação dos alunos com os seus

colegas de classe, pois nestas linhas metodológicas e na anterior em alguns momentos os alunos trabalharam em pequenos grupos, como na resolução de questão ou desenvolvimento de experiências, em outros momentos a classe reuniu-se como um todo para o compartilhamento das idéias, como nas demonstrações investigativas, leitura dos textos e nas problematização e discussões dos resultados das experiências.

Segundo Martins (2002) as atividades em grupo são preferidas pelos jovens, por explorarem as capacidades argumentativas no confronto de idéias e necessidade de posicionamento diante das problemáticas, porém não podemos esquecer da importância da existência de atividades individuais, por existirem alunos que se sentem mais a vontade com esse tipo de trabalho (LABURÚ, *at alii*, 2003).

Para avaliação da importância das atividades coletivas e individuais para os alunos apresentamos abaixo trechos de relatos dos questionários e entrevistas e também uma tabela com dados quantitativos dos questionários:

Trecho do questionário:

“As atividades em grupo foram muito boas para tirar dúvidas e discutir com os amigos” – **NID**

Trechos da entrevista:

ENT: Você veio na maioria das aulas, acho pelo que eu me lembre em boa parte. O que você achou do curso? O que você sentiu?

NAT: Sinceramente, acho que foi o melhor curso de Física que eu tive em todos os anos que estive aqui.

ENT: Por que?

NAT: Porque teve mais participação dos alunos na sala e eu entendia melhor...

ENT: E você chegou a ler os textos em casa ou não? Só na hora que a gente lia aqui?

AND: Não. Eu lia em casa. Na sala... Porque eu não consigo ler quando tem muita gente conversando, ou até uma pessoa já me desconcentra. Aí eu tinha que ler em casa para fazer prova, alguma coisa assim.

Tabela:

Recursos Utilizados \ Importância	Muito relevante (%)	Mediamente relevante (%)	Pouco relevante (%)	Sem resposta (%)
Atividades em Grupo	60	34	00	06
Atividades Individuais	37	36	12	15

Tabela 3: Dados quantitativos dos questionários em relação ao trabalho coletivo e individual dos alunos.

Verificamos que 94% dos alunos ficaram satisfeitos com as atividades em grupo e 73% dos gostaram das atividades individuais. O elevado índice de aprovação e o equilíbrio das opiniões das duas modalidades aliados aos relatos dos alunos demonstram que os dois perfis de estudantes citados acima foram atendidos e que os alunos acharam importante as atividades coletivas em alguns momentos da aula para realizar questionamentos e discussões, mas também gostaram de momentos de reflexão e avaliação individual.

5.4. Referências Bibliográficas Alternativas para Sala de Aula (Textos de Apoio)

Um dos motivos citados por Cadarin (1987) para o insucesso das aulas de Física na escola pública e a dificuldade financeira dos alunos para aquisição de livros didáticos. Como solução para esse quadro ele sugere que aos professores que preparem seu próprio material didático, que pode ser repassado para os alunos a custos muito inferiores aos de livros didáticos. Estes textos podem ser produzidos a partir de material já existente com adaptações feitas de acordo com as necessidades do curso e do perfil dos alunos ou extraídos de diferentes livros (CARVALHO, *et alii*, 1999). Porém o professor deve estar comprometido quanto à orientação dos alunos no uso do material e no enriquecimento da aula com informações além do material escrito, já que o texto é um material complementar à aula não um substituto a ela.

Todas as unidades da apostila tinham um ou dois, textos para os alunos. Durante o curso alguns professores indicaram a leitura dos textos fora do período de aula e o discutiam na aula seguinte e outros optaram pela leitura durante a aula, para orientar os alunos que apresentavam dificuldade de leitura ou então para fazer uma leitura dirigida, ou seja, um ou alguns alunos liam o texto em voz alta e a cada parágrafo ou ponto mais difícil o professor complementava com explicações ou informações adicionais.

Abaixo apresentamos as falas de dois alunos, extraídas da entrevista, com relação à leitura dos textos:

ENT: Os textos você chegava a ler ou não?

FEL: Só quando a gente lia em classe.

ENT: Só quando lia em classe?

FEL: Em casa eu nunca li.

ENT: Você chegou a ler os textos em casa ou não, só quando chegava aqui?

DAN: Cheguei a ler. Tanto é que eu goste de ler “pra caramba”. Quando a professora chegava e pedia para alguém ler “Ah! Deixa eu?”. E até em casa mesmo.

Como podemos perceber a opção pelo ambiente de leitura também depende dos alunos. Por isso é interessante consultar a classe quanto a melhor opção de trabalho.

Esses textos de apoio são importantes, para o aluno estudar e aprofundar os assuntos da aula e para resolução das questões propostas ao final do texto ou da unidade. Além disso, é importante oferecer ao aluno o acesso a um material de estudo que não seja somente ao registro da lousa ou do discurso do professor.

Para mostrar a importância dos textos de acordo com alunos, apresentamos abaixo comentários que os alunos fizeram nos questionários, trechos da entrevista e duas tabelas feitas a partir de respostas dos questionários:

Trechos do questionário:

“Gostei do curso, foi o melhor dos últimos anos. O principal foi o material que é a base. Tínhamos onde estudar e procurar respostas.” – **CAM**

“Esse ano achei o curso de física extremamente interessante e válido, pois como já disse pude compreender bem; pois havia uma boa explicação, as apostilas (textos), minha vontade.” – **VER**

Trechos da entrevista:

ENT: E os textos das apostilas você chegou a ler não lia...

MAR: Li.

ENT: E você achou confuso? Como é que foi?

MAR: Não. Foi bom, assim, para ajudar.

DAN: Para umas questões eu lia “pra caramba” os textos mesmo, para aprofundar, porque às vezes a resposta não é que você não achou, às vezes é porque a resposta está ali só que você não parou para prestar atenção no que você leu.

ENT: E o que você achou (dos textos)?

AND: Estava legal. Estava explicativo.

Tabelas:

Para compreender a matéria, os textos:	Ajudaram muito a compreender e pensar o assunto (%)	Ajudaram a compreender e pensar o assunto (%)	Pouco ajudaram a pensar e compreender o assunto (%)	Não ajudaram a compreender e pensar o assunto (%)	Sem resposta (%)
	13	56	31	00	00

Para responder as questões e exercícios os textos:	Ajudaram muito (%)	Ajudaram (%)	Pouco ajudaram (%)	Não ajudaram (%)	Sem Resposta (%)
	16	62	16	03	03

Tabelas 3 e 4: Dados quantitativos dos questionários em relação aos textos

Nas tabelas podemos verificar que o material de apoio auxiliou na compreensão da matéria para 69% dos estudantes e foi um importante guia para estudo e resolução de exercícios para 78%. Esses dados aliados aos comentários dos alunos mostram que as apostilas elaboradas tiveram um bom índice de aceitação.

5.5. Recursos Audiovisuais

Nesta pesquisa classificamos recursos audiovisuais como vídeos e apresentações em PowerPoint.

Para Carvalho, *et alii* (1999) e Rosa (2000) a importância do uso de vídeos se deve pelo apelo emocional que este causa, pois pode motivar a curiosidade dos alunos e quebrar a rotina da sala de aula. Além disso, certos fenômenos só podem ser observados com auxílio de recursos de produção de imagens, sejam elas reais ou animações.

Durante o curso esses recursos estiveram presentes nos seguintes momentos:

- **Bloco V - O Campo e a Indução Eletromagnética:** Vídeo *Eletromagnetismo*, da TV Ontário, para sistematizar a discussão do bloco.
- **Bloco VII – Luz: Cor e Visão:** Apresentação em PowerPoint *Qual é a Cor da Cor?* para sistematizar o conteúdo do bloco.
- **Bloco IX – O Modelo Atômico de Bohr:** Apresentação em PowerPoint *O Modelo Atômico de Bohr*, sobre o modelo de Bohr para explicar os espectros de emissão e absorção.
- **Bloco X - O Efeito Fotoelétrico:** Vídeo *Dualidade Onda-Partícula*, da TV Ontário, capítulo *O modelo de partícula* para que os alunos visualizem a experiência do efeito fotoelétrico.
- **Bloco XI - Dualidade Onda-Partícula:** Filme *Matrix*, Dir: Andy e Larry Wachowski, para discutir a realidade e como o homem interage com ela.

Abaixo apresentamos uma tabela com uma pergunta do questionário referente à importância dos vídeos utilizados para as aulas:

Importância	Muito relevante	Mediamente relevante	Pouco relevante	Sem resposta
Recursos Utilizados	(%)	(%)	(%)	(%)

Vídeo	32	40	12	16
--------------	----	----	----	----

Tabela 5: Dados quantitativos dos questionários em relação aos vídeos.

Segundo os dados acima para 72% dos alunos a utilização dos vídeos nas atividades de Física Moderna foi importante. Então podemos concluir que os vídeos exibidos tiveram boa aceitação pelos alunos.

5.6. Softwares e Internet

Para Veit, *et alii* (1987) e Córdova, *et alii* (1992) a necessidade de recursos computacionais para simular experimentos no ensino de Física Moderna e maior do em outros conteúdos de física, dado a dificuldade experimental, os altos custos de manutenção e aquisição de equipamentos. Além disso, os computadores também são interessantes no trabalho com manipulação de modelos da realidade (ROSA, 2000), o que é fundamental para as discussões da nova Física.

Outro ponto importante, como salienta Carvalho, *et alii* (1999) e que o meio virtual aguça a curiosidade dos alunos.

Ter ou não acesso à informação processada e armazenada pelos meios tecnológicos, especificamente o computador, pode se constituir em elemento de identidade ou de discriminação na nova sociedade que se organiza, já que a informática encontra-se presente na nossa vida cotidiana, e incluí-la como componente curricular significa preparar o estudante para o mundo tecnológico e científico, aproximando a escola do mundo real e contextualizado. (PCN, 2000).

Encontramos o uso de recursos computacionais nos seguintes momentos do curso:

- **Bloco IV - Breve Discussão Sobre Campos: Elétrico, Magnético e Gravitacional:** É sugerido o site <http://groups.physics.umn.edu/demo/electricity/5G2030.html> para os alunos assistirem dois vídeos sobre alinhamento de domínios magnéticos.
- **Bloco VI - Ondas Eletromagnéticas E Mecânicas E Fenômenos Ondulatórios:** No site www.labvirt.futuro.usp.br os alunos interagem com uma simulação sobre produção e propagação de ondas.
- **Bloco IX – O Modelo Atômico de Bohr:** No site da Universidade Federal do Rio Grande do Sul <http://astro.if.ufrgs.br/rad/espec/espec.htm> os alunos lêem o

texto histórico e fazem a simulação para observar as linhas espectrais de alguns elementos químicos.

- **Bloco X - O Efeito Fotoelétrico:** Os alunos interagem com uma simulação no site <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/cuantica/fotoelectronico/fotoelectronico.htm> sobre o efeito fotoelétrico com diversos metais, com objetivo de aprofundar a compreensão do assunto.

Todas as simulações foram utilizadas na Internet e acompanhadas por roteiros elaborados pelos professores, com instruções de uso e observações importantes.

As informações da Internet dispõem-se por hipertextos, que são uma rede de textos superpostos que permite ao usuário passar de um ponto a outro, sem interromper o fluxo comunicativo. (PCN, 2000). Além disso, também podemos encontrar simulações encartadas nesse hipertextos que podem ser utilizadas simultaneamente com a leitura da página. Uma situação como essa ocorreu na atividade feita no *Bloco IX – O Modelo Atômico de Bohr*, onde os alunos realizaram a leitura de um texto histórico sobre a evolução dos processos técnicos da espectroscopia e realizaram uma simulações sobre difração e outra sobre as linhas espectrais dos elementos químicos.

Fazendo uma avaliação geral, a partir dos questionários, na tabela abaixo, podemos observar que 58% dos estudantes aprovaram o uso da sala de informática.

Importância Recursos Utilizados	Muito relevante (%)	Mediamente relevante (%)	Pouco relevante (%)	Sem resposta (%)
Sala de Informática	33	25	21	21

Tabela 6: Dados quantitativos dos questionários em relação as atividades realizadas na sala de informática.

Esse recurso recebeu um índice de aprovação menor do que o esperado. Isso pode ter sido causado devido às más condições e dificuldades do uso da sala de informática, já que todas escolas têm poucos computadores, que as vezes são divididos

em quatro alunos e também devido aos problemas de conexão com a Internet que aconteceram em duas turmas e dificultando a realização da atividade planejada.

Outra dificuldade encontrada foi o acesso livre a Internet nos computadores da escola, pois os alunos distraíram-se com correio eletrônico e sites de redes virtuais de relacionamento (Orkut), o que atrapalhou o desenvolvimento das atividades. Segundo Souza (1997) o ambiente da sala de aula é bastante peculiar, diferindo bastante do cotidiano extra-classe, por isso a introdução de novas tecnologias deve respeitar estas peculiaridades. Assim é altamente recomendável restringir o acesso a qualquer site que não está no planejamento da atividade.

5.7. Analogias e Metáforas

O uso de analogias e metáforas no ensino de Ciências consiste na explicação de novos conhecimentos através de comparações com conteúdos mais familiares aos alunos.

Para Jorge (1990) o aprendizado de física torna-se mais fácil e agradável se o estudo de um novo fenômeno for comparado a um fenômeno já conhecido, o que contribui para a sedimentação dos conceitos semelhantes e facilita a introdução dos conceitos novos. Segundo Arruda (1993) não é possível fazer Física sem metáforas, pois é inimaginável falar de átomos e campo sem usar modelos, que podem ser considerados um tipo mais geral de metáfora. De acordo com Carvalho, *et alii* (1999) metáforas e analogias são recursos importantes para o ensino, pois permitem uma apreciação global de aspectos envolvidos em situações geralmente complexas. Por comparação funcional ou estrutural, muitas vezes é possível comunicar idéias impossíveis de serem através de recursos analíticos.

Esta abordagem metodológica esteve presente em vários momentos do curso, ficando mais evidente e tendo maior importância nas atividades dos seguintes blocos:

- **Bloco I – Modelos**, no qual os alunos tentando “modelizar” o mecanismo de funcionamento da caixa preta.
- **Bloco II – Ondas e Partículas**, onde foram discutidos os dois arquétipos utilizados pela Física para construir suas teorias.
- **Bloco IX – O Modelo Atômico de Bohr**, no qual o modelo atômico planetário é comparado a um velódromo onde ciclistas (elétrons) podem ocupar qualquer posição na pista (órbita) e o modelo atômico de Bohr é comparado à arquibancada de um estádio (órbita), onde os espectadores (elétrons) podem sentar-se apenas em um único degrau e só podem pular números inteiros de degraus (níveis quânticos).
- **Bloco XI - Dualidade Onda-Partícula**, com a simulação teatral da pessoa-fóton que usa uma analogia do Interferômetro de Mach-Zender.

Para Pretri, (1984, apud Arruda, 1993) modelos, metáforas e analogias podem fazer uma ponte entre o conhecido e o desconhecido. Essa “ponte” foi fundamental para realização aceitação das atividades pelos alunos, pois sem ela não poderiam ter sido realizadas várias discussões de Física Moderna que dependeram de comparação com assuntos já conhecidos, visto que o formalismo matemático para compreensão dos fenômenos da nova Física não é acessível aos alunos.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Iniciamos esta pesquisa com objetivo de avaliar o sucesso das atividades e recursos didáticos que fazem parte de um projeto de Ensino de Mecânica Quântica para o ensino médio, desenvolvido no Laboratório de Pesquisa e Ensino de Física da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo por uma parceria entre pesquisadores e professores da rede pública de ensino.

Optamos por realizar a análise a partir de cada linha metodológica do curso, por este ter sido estruturado com base no pluralismo metodológico, visto que o novo conteúdo exigia uma abordagem diferente da tradicional

Os resultados da nossa investigação mostraram que as proposta de uma maneira geral obtiveram sucesso e aceitação entre os alunos, por terem uma abordagem “problematizadora”, com as atividades que foram realizadas em conjunto com aluno e não sobre o aluno, ou seja, o aluno foi considerado como sujeito e não como objeto passivo das aulas (NETO, 1983).

Abaixo apresentamos dois trechos extraídos dos questionários, no qual os alunos expressam suas opiniões sobre o curso:

“Nesse curso foram utilizados muitos recursos como: experiências, apostilas, etc. Que ajudaram a compreender melhor a matéria”- **EDU**

“(Achei) que fosse mais um ano monótono para estudar Física, que eu achava um ‘saco’ na escola. (Agora) comecei a me interessar por ela. Pela forma que o conteúdo foi posto a mim, que mudou minha forma de enxergar a Física [...] O curso foi bem interessante. Os mentores desse curso deveriam aplicá-lo em todas as escolas, talvez assim a maioria dos alunos poderia se sentir atraído e até mesmo os professores mudariam o conceito de ensino” – **Sem nome.**

Porém encontramos algumas dificuldades dos alunos quanto à compreensão e resolução das questões propostas e um interesse abaixo do esperado na atividade da sala

de informática. Isso demonstra a necessidade de uma reflexão e talvez reformulação dessas atividades de modo a torná-las mais satisfatórias aos estudantes.

Concluimos esta monografia acreditando numa possível contribuição para revisão final do material didático e das propostas de ensino do curso. O próximo passo para esta pesquisa é elaborar questionários específicos para os objetivos dessa pesquisa, de forma que possamos fazer uma análise mais profunda, tanto qualitativamente quanto quantitativamente e também buscar avaliar o aprendizado dos alunos.

Por último consideramos interessante relatar que outro fruto importante do projeto foi o ingresso de três professores da rede pública no mestrado em ensino de Física. Estimulados pelas pesquisas realizadas para o projeto de Ensino de Física Moderna e Contemporânea para o Ensino Médio e pela necessidade de reflexão de suas práticas docentes, os professores optaram pela pós-graduação e estão utilizando como fontes de dados para suas pesquisas o material produzido pelo grupo juntamente com as aulas que ministram.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES FILHO, J. P. Regras da transposição didática aplicadas ao laboratório didático, *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 17, n. 2, p. 174-188, 1987.
- ARRUDA, S. M. Metáforas na Física, *Caderno Catarinense do Ensino de Física*, v.10, n.1, p.25-37, 1993.
- BRASIL. Secretaria de Educação Média e Tecnologia. *Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio*. Brasília, MEC/SEMTEC, 2002.
- _____. PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais; ciências humanas e suas tecnologias. Brasília, MEC/SEMTEC, 2002.
- _____. PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais; informática Brasília, MEC/SEMTEC, 2002.
- BROCKINGTON, G. *A realidade escondida: a dualidade onda partícula para estudantes do ensino médio*. Dissertação de mestrado (IFUSP/FEUSP), São Paulo, 2005.
- CADORIN, J. L. Uma maneira diferente de ensinar física, *Caderno Catarinense do Ensino de Física*, v. 1, n.1, p.14-17, 1984
- CARRASCO, H. J. Experimento de laboratório aberto: um enfoque sistêmico y problematizador, *Revista de Ensino de Física*, n. 13, p. 77-85, 1991.
- CARVALHO, A. M. P. [org]. Melhoria da qualidade do ensino de Termodinâmica no Ensino Médio de escolas públicas estaduais. Projeto Temático financiado pela Fapesp, Processo 98/1078-1, 1998.
- CARVALHO, A. M. P.; SANTOS, E. I.; AZEVEDO, M. C. P. S.; DATE, M. P. S.; FUJI, S. R. S.; NASCIMENTO, V. B. *Termodinâmica: um ensino por investigação*. São Paulo, Editora da FEUSP, 1999.
- CÓRDOVA, R. S.; MAGDALENO, J. C. M. ; DONOSO, E. L. ; ALLENDE, R. G. Simulación computacional de experiências de física moderna, *Caderno Catarinense do Ensino de Física*, v.9, n.2, p.7-19, 1992
- ESCUADERO, C, GONZALEZ, S.; GARCIA, M. Resolución de problemas en el aula de física: un analisis del discurso de su enseñanza y su aprendizaje en nivel médio, *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 4 , n. 3, p. 229-244, 1999.

- FAGUNDES, M. B. *Ensinando dualidade onda-partícula sob uma nova óptica*. Dissertação de mestrado (IFUSP/FEUSP), São Paulo, 1997.
- GIL, D. e CASTRO, V. Lá orientacion de lãs prácticas de laboratorio como investigaci3n: um ejemplo ilustrativo, *Enseñanza de las Ciencias*, v.2, n.14, p. 155-163, 1996.
- GIL, D.; TORREGROSA, J. M.; RAMIREZ, L.; CARRÉE, A. D.; CARVALHO, A. M. P. Questionando a didática de resoluç3o de problemas: elaboraç3o de um modelo alternativo, *Caderno Catarinense do Ensino de Física*, v.9, n.1, p.7-19, 1992
- GRECA, I. e MOREIRA, M. Uma revis3o da literatura sobre estudos relativos ao ensino da Mecânica Quântica introdutória, *Investigaç3o em Ensino de Ciênci*a, v. 6, n.1, 2001.
- JORGE, W. Analogias no ensino de Física, *Caderno Catarinense do Ensino de Física*, v.7, n.3, p.196-202, 1990.
- LABURÚ, C. E.; ARRUDA, S. M.; NARDI, R. Pluralismo metodol3gico para o ensino de ciências. *Revista Ciênci*a & Educaç3o, v.9, n.2, p.247-260, 2003.
- LEWIN, A. M. F. e LOMÁSCOLO, T.M.M. La metodologia científica em la contrucci3n de conocimientos, *Enseñanza de las Ciencias*, v.2, n.20, p. 147-151, 1998.
- MARCELO, V. M. M. e MEDEROS J. A. A. Algunos métodos activos para el uso del video en la enseñanza de la física, *Investigaç3es em Ensino de Ciênci*as, v. 1, n. 3, p. 233-240, 1996.
- MARTINS, S. T. F. Educaç3o científica e atividade grupal na perspectiva sócio-hist3rica, *Revista Ciênci*a & Educaç3o, v.8, n.2, p.227-235, 2002.
- MATTHEWS, M. R. Hist3ria, Filosofia e Ensino de Ciências: a tendência atual de reaproximaç3o. *Caderno Catarinense do Ensino de Física*, v.12, n.3, p.164-214, 1995
- MENEZES, L. C. Uma física para o novo ensino médio. *Física na Escola*, São Paulo, v.1, n.1, p. 6-8, 2000.
- NETO, D. D. Ensino de física e a concepç3o freireana de educaç3o. *Revista de Ensino de Física*, v.5, n.2, p. 85-98, 1983
- OSTERMAN, F. e MOREIRA, M. A. Uma revis3o bibliogr3fica sobre a área de pesquisa “física moderna e contemporânea no ensino médio”, *Investigaç3es em Ensino de Ciênci*as, v.5, n.1, p. 23-48, 2000.

- OSTERMAN, F. e CAVALCANTI, C. J. H. Um pôster para ensinar física de partículas na escola. *Física na Escola*, v.2, n.1, 2001.
- PIETROCOLA, M [org]. Atualização dos currículos de Física no Ensino Médio de escolas estaduais: a transposição das teorias modernas e contemporâneas para a sala de aula. Projeto Temático financiado pela Fapesp, Processo 03/00146-3, 2003.
- PIETROCOLA, M [org.]. Ensino de física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integrada. Florianópolis, Editora da UFSC, 2001.
- PIETROCOLA, M. A história e a epistemologia no ensino das ciências: dos processos aos modelos de realidade na educação científica. In: Ana Maria Ribeiro de Andrade. (Org.). A ciência em perspectiva: estudos, ensaios e debates. Rio de Janeiro: Museu de Astronomia e Sociedade Brasileira de História da Ciência, 2003, v.1.
- PINTO, C. A. e ZANETIC, J. É possível levar a física quântica para o ensino médio?, *Caderno Catarinense do Ensino de Física*, v.16, n.1, p.7-34, 1999
- ROSA, P. R. S. O uso dos recursos audiovisuais e o ensino de ciências, *Caderno Catarinense do Ensino de Física*, v.17, n.1, p.33-49, 2000.
- SOUZA, A. R. Internet no ensino de ciências: situação atual, *Pesquisa em Ensino de Ciências e Matemática*, Série: Ciência e Educação, n.4, p.54-64, 1997
- TERRAZAN, E. A. A inserção da física moderna e contemporânea no ensino de física na escola de 2º grau, *Caderno Catarinense do Ensino de Física*, v.9, n.3, p. 209-214, 1992
- TERRAZAN, E. A. Perspectivas para a inserção da física moderna na escola média. São Paulo, 1994. Tese de doutorado (FEUSP).
- VEIT, E. A.; THOMAS, G.; FRIES, S. G.; AXT, R. E SELISTRE, L. F. O efeito fotoelétrico no ensino médio via microcomputador, *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 4, n. 2, p. 66-88, 1987.
- ZANETIC, J. *Física Também é cultura*. São Paulo, 1989. Tese de doutorado (FEUSP).