

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**

**Instituto de Física**

**Faculdade de Educação**

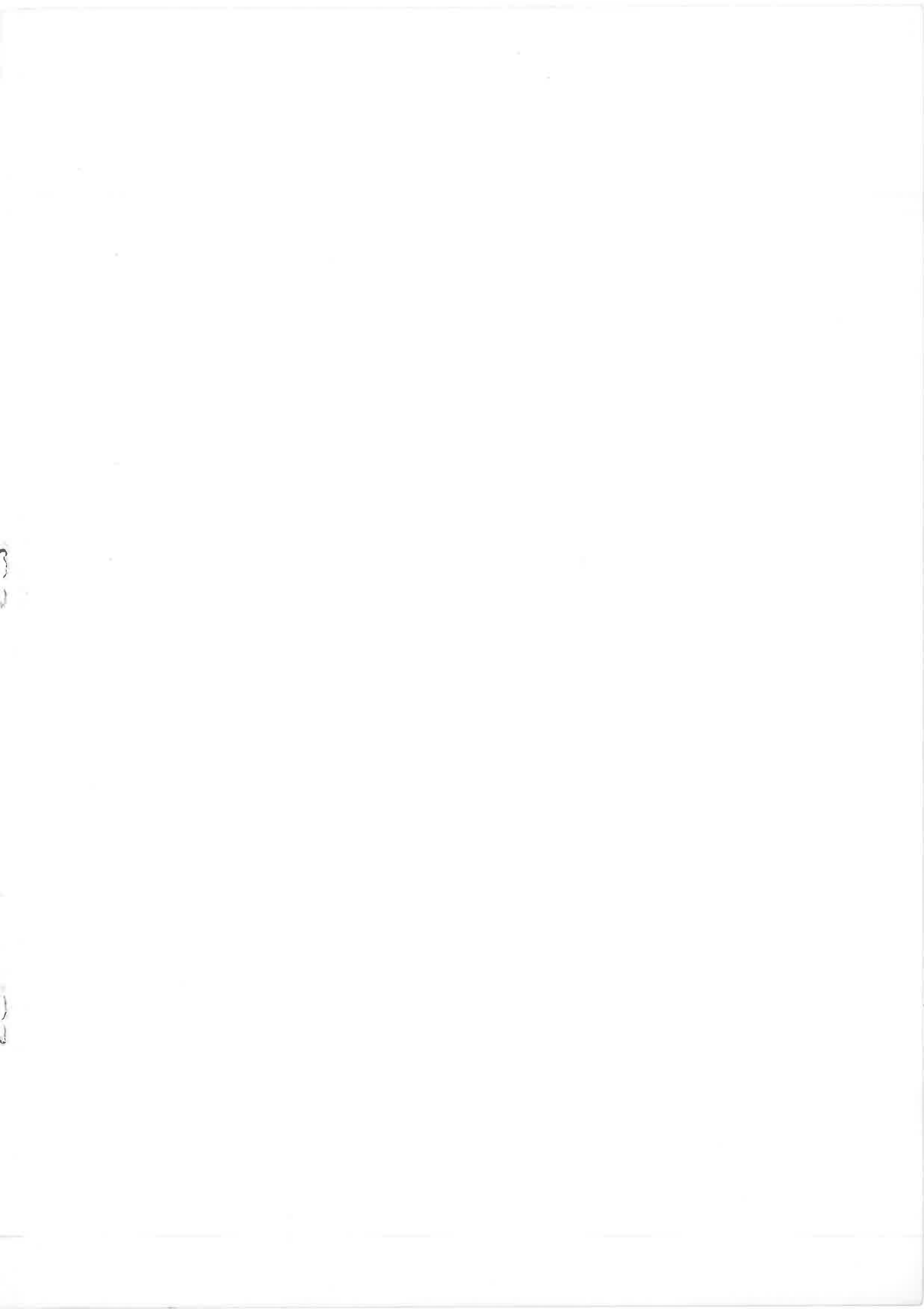
**“OUTRA ÓPTICA PARA O ENSINO DE ÓPTICA”**

**Dissertação apresentada por Maria Lucia  
Ambrozio como exigência parcial à obten-  
ção do Título de Mestre em Ensino de  
Ciências - Modalidade Física**

**Orientador: Prof. Dr. Luis Carlos de Menezes**

**SÃO PAULO**

**- 1990 -**



## AGRADECIMENTOS

*Ao Menezes, pelo respeito e liberdade, nesse processo de ensino/aprendizagem que teve sua orientação;*

*À turma do GREF : Aurélio, Beth, Carlos, Cecília, Jairo, Isilda, Maria, Suely, Vitão, Mara, Marli e Rubão, pelo empenho nessa busca coletiva por uma educação efetiva;*

*À Edilene, Vitória e Magda, pela colaboração na "arte gráfica" deste trabalho.*

## ABSTRACT

*This work proposes a new approach to optics at high school, in order to include a treatment of the physical nature of light and of the practical presence of optics in contemporary life - Both these features are usually absent at school learning.*

*A critical analysis of the Brazilian school system. . . of the teachers and of the educational contents in the courses, preceds and gives a support to the new proposition.*

## RESUMO

*Como parte de uma iniciativa para a recomposi-  
ção do ensino de Física na escola de segundo grau, este  
trabalho defende um tratamento da óptica que lide tanto  
com a natureza física da luz, como com o caráter prático  
da óptica na vida contemporânea; aspectos geralmente  
ausentes do aprendizado escolar. Esta defesa se emasa  
numa apreciação crítica da escola no Brasil, da forma-  
ção de seus professores e do próprio conteúdo educa-  
cional de seus cursos.*

## Í N D E X E

Introdução e apresentação .....	1
I - - A escola no Brasil - Breve diagnóstico de uma longa crise .....	5
I.1 - Segundo grau ou segunda categoria ? .....	11
I.2 - As lições do vestibular .....	25
II - O quinhão da Física (e neste o da Óptica) no ensino médio .....	36
II.1 - Novos pressupostos e nova proposta para o en sino de Física e neste, o da Óptica.....	55
II.2 - O histórico da reelaboração .....	88
III - Propósitos e propostas (uma análise comparativa no ensino de Física) .....	105
III.1 - Uma avaliação dos rumos e dos passos de nosso trabalho .....	142
IV - Algumas considerações complementares .....	152
<hr/>	
ANEXOS : I - Aspectos da natureza da luz presentes nos textos didáticos .....	1*
II - Questões de Óptica em alguns exames vesti bulares elaborados pela FUVEST .....	8*
III - Um histórico do grupo de reelaboração ...	18*
IV - Algumas opiniões de professores e alunos.	30*
V - Os professores que assumiram a proposta GREF na sala de aula .....	39*
<hr/>	
Referência bibliográfica .....	45*

## INTRODUÇÃO E APRESENTAÇÃO

Ao longo de uma década de trabalho da escola pública no Estado de São Paulo estabelecemos a consciência vivida, ainda que provisória e inacabada, de que muita coisa ali se ia mal e de que este ir mal nos incluía. Retornar à Universidade, para um programa(1) em que tínhamos que retomar nossa tão pouca exercida dimensão de educador, constituiu um múltiplo desafio. De certa forma, esta dissertação é um apanhado do enfrentar tal desafio.

Quando se está na rotina de professor, com uma dúzia e meia de turmas, setecentos alunos se revezando semanalmente diante de nós, somos parte da estatística, termo da contradição, e não é fácil elaborar uma visão de topo, um mapa do problema.

Como assalariados, assumimos a defesa corporativa da profissão. Como profissionais assoberbados a condição de trabalho. Como especialistas assusta-nos não só a fragilidade conceitual de nossos colegas mas nosso próprio crescente desconhecimento da ciência que pretendíamos ensinar, burocraticamente diluído em fórmulas frias e frases

---

(1) Inicialmente, o Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e a seguir, o Projeto de Reelaboração Crítica do Conteúdo no Ensino de Física (mais tarde conhecido pro GREF) onde, lado a lado, professores da rede pública e docentes universitários repensaram seu papel na educação.

feitas, débil defesa massificadora diante da massificação que nos vitimiza.

Um dos resultados do distanciamento analítico que o retorno à Universidade nos proporcionou foi, exatamente, poder elaborar esta visão do global da Escola no Brasil, da história de seus desencontros, dos quais somos parte, para podermos, primeiro, compreender o problema, "a crise", e em seguida ousar porpor alternativas, saídas, remendos e reformas. O capítulo I deste trabalho trata disto, ou seja, da moldura maior da problemática educacional, essencial para situarmos, mais adiante, o ensino de nossa especialidade.

Fique claro que voltamos à Universidade para buscar o mestrado, sem saber o que era. Depois de cursos e cursos, nos deparamos com o GREF, que nos atraiu pela proposta (mais parecida com o que originalmente buscávamos) e onde já chegamos com a preocupação de desenvolver melhor a óptica. Adiamos então a pós-graduação, para retomá-la mais tarde, com uma sensação de missão meio cumprida. Muito diferente de, ao lado de companheiros, desenvolver um trabalho solidário voltado à formação em serviço de professores, foi este exercício necessariamente mais individual de olhar criticamente o ensino da Física, identificar nele a parcela que caberia à óptica, vê-la sob nova óptica, e rever o próprio trabalho de reelaboração,



como quem historia uma história inacabada. Isto é em resumo, o que tentamos transcrever no capítulo II.

Outro aprendizado, às vezes difícil, do trabalho no convívio acadêmico, é o da necessidade de referenciarmos (sem reverenciarmos) a experiência acumulada, os esforços que nos precederam e sobre os quais (ou com os quais) construimos o novo ou recompomos velhas configurações. Mesmo sem termos pretensão de "virar a mesa" no ensino da óptica, queríamos e queremos perceber e revelar onde inovamos, quando inovamos, onde discrepamos e onde concordamos e, (por que não?), onde acertamos e onde não alcançamos o pretendido. Isto é o que tentamos fazer no capítulo III.

Pretende-se dissertar, enfim, sobre uma concepção para o ensino de Óptica nos cursos secundários, adequada ao ensino contemporâneo deste conteúdo, que julgamos relevante; conteúdo que se tem mostrado ausente, particularmente nas escolas públicas, como reflexo de deficiências formativas dos professores e de sua baixa incidência nos vestibulares.

Por isso mesmo iniciamos esta dissertação a partir de nossa visão crítica do sistema educacional brasileiro, particularmente na escola média, desde um prisma sócio-econômico mas com desdobramentos para o conteúdo mesmo do aprendizado escolar. Nesse contexto, procuramos também revelar o sentido dos exames vestibulares e apontar algumas

das lições que suas estatísticas podem nos dar.

Na parte especificamente proposicional, fazemos a defesa de um ensino da óptica que, juntamente com os demais tópicos da Física, contribua na formação do cidadão; deixando claro que não é a isto que conduz o ensino formalista pretensamente propedêutico, que parece ignorar que quase todos os milhões de alunos não mais lidarão com este tema quando completam a escola média.

Comparamos então nossa proposta com projetos educacionais que lidam com os mesmo assunto, ou mesmo com o ignorar, por outros, deste tema que "salta aos olhos".

Agregamos como anexos trechos selecionados de textos exemplares em torno da natureza da luz, um histórico do GREF como trabalho coletivo, assim como manifestações de alunos e professores sobre nossa proposta e uma descrição mais quantitativa da nossa interação com a rede pública. Como apêndice (seria volumoso demais para anexá-lo) está o texto para professores, elaborado pelo GREF e do qual trata parte desta dissertação.

## I. A ESCOLA NO BRASIL - BREVE DIAGNÓSTICO DE UMA LONGA CRISE

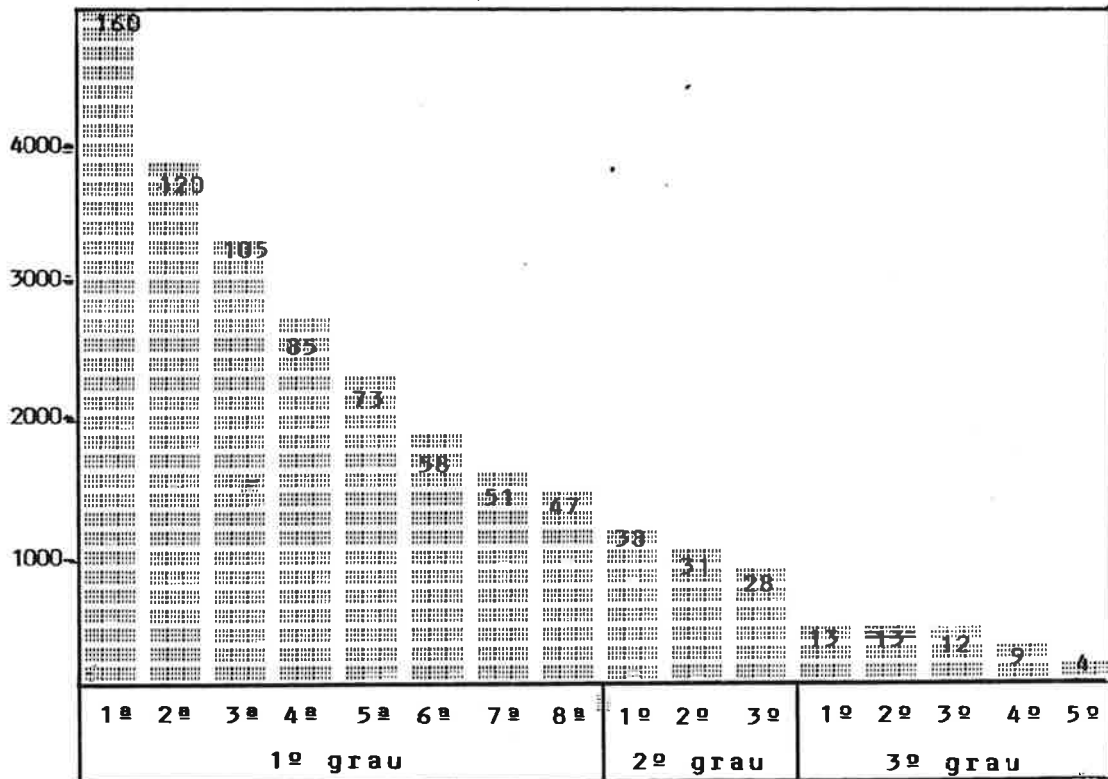
O ensino no Brasil vivencia uma crise institucional em todos os seus níveis, não só como decorrência da exigüidade de recursos mas também pela falta de proposição de metas exeqüíveis, refletindo a ausência de uma política educacional comprometida com uma efetiva emancipação nacional e popular.

Os altos índices de repetência e evasão, principalmente de estudantes de menor poder aquisitivo, ao lado das vagas ociosas no ensino público superior, especialmente nos cursos de menor prestígio social e financeiro (como as licenciaturas), revelam a seleção de classe econômica feita pelo sistema de ensino e a incapacidade do poder público na resolução do problema, ou a inexistência de vontade política para tanto.

A atual política educacional (ou a falta desta...) conduz a duas redes de ensino que coexistem: uma pequena e voltada para a educação da elite social e econômica, a outra extensa e destinada à formação das classes trabalhadoras. (Há quem sugira que menos que formação, esta escola seria para o trabalhador como um depósito do "exército industrial de reserva"). Enquanto os alunos da primeira rede se preparam para o exercício da cidadania, os da segunda vão sendo gradativamente excluídos do processo de escolarização

e em parte são empregados no sistema produtivo, ocupando as posições de menor prestígio e remuneração e em parte condenados ao sub-(des)emprego.

Os dados do gráfico abaixo nos dão uma idéia da situação do ensino no Brasil, nos três graus em que está organizado, indicando para cada uma das séries o total de milhares de alunos matriculados no ano de 1980 e no interior das colunas, a relação entre alunos matriculados e população em cada faixa etária, expressa em percentual:



Fonte: Anuário Estatístico do Brasil FIBGE -1983

A relação superior a 100% nas três primeiras colunas faz saltar aos olhos a ineficiência do sistema de ensino, e só se torna compreensível quando associada a

outros dados: neste ano, por exemplo, havia cerca de 2,9 milhões de crianças na faixa etária de 7/8 anos; na primeira série (que corresponde a esta faixa), 4,7 milhões de alunos matriculados. Isto significa que por reprovações ou abandono da escola durante o ano, as crianças que têm acesso ao ensino formal são matriculadas sucessivas vezes na mesma série.

A incapacidade da estrutura do ensino brasileiro em propiciar um aprendizado adequado, associada ao descompromisso do poder público com a educação da população devem ser considerados fatores determinantes da qualidade do ensino que a ela se oferece. Entretanto, não menos importância deve ser atribuída aos elementos que mediatizam o ensino - os profissionais, os materiais didáticos, as condições de acesso -, e que se tornam parte integrante do mecanismo selecionador que é a escola brasileira, que se estrutura sem consciência de sua própria finalidade.

Independente das razões que levam um jovem a optar pelo magistério como carreira, em muito pouco tempo ele percebe as dificuldades inerentes ao exercício dessa profissão neste país, e que se tem agravado criticamente nas últimas décadas. Não raramente tais constatações terminam por gerar um sentimento de frustração e impotência e, freqüentemente o abandono da carreira.

Há aspectos deste desacerto que não são específicos à escolha do magistério. A opção profissional (de formação) é feita ainda no limiar da juventude, sendo raramente acompanhada por uma orientação vocacional. A escolha se dá por influência familiar, social, econômica, pelo mercado de trabalho disponível e pela identificação pessoal com temas a que foi exposto no curso secundário. Muito raramente os candidatos aos cursos superiores têm uma visão clara do curso que almejam e uma avaliação consistente dessa escolha.

Nesse contexto, é "natural" que muitos jovens abandonem o curso escolhido 'ainda nos primeiros anos e partam em busca de outro que melhor se adeque às suas expectativas, o que é sempre possível em uma sociedade em permanente mudança, decorrente dos avanços tecnológicos e dos demais fatores de mobilidade social e econômica.

A escola é, em geral, ineficiente, e a capacitação profissional, propriamente, se dá muitas vezes durante a atuação profissional, restando aos cursos a formação geral do estudante; isto vale para todas as profissões. Para o magistério, em especial, é uma realidade ainda mais chocante pois se a escola sabidamente não o prepara com eficiência, menos ainda se presta sua prática profissional, cujo desempenho não chega sequer a ser avaliado.

Para a profissão de professor (como na citação de L.O.Lima) faz-se neste sentido um juízo cruel:

"...É preciso inventar um sistema de avaliação da competência e da personalidade do professor, sobretudo considerando-se que para esta profissão, salvo as exceções de praxe, ocorrem os que não têm competência e/ou coragem para enfrentar o vestibular das "grandes escolas", como a medicina e engenharia. Nos cursos superiores de matemática, de física e biologia, invariavelmente optam pelo magistério os piores alunos, como se fossem a lata de lixo profissional. É sabido que os profissionais que fracassam em suas próprias profissões, quase sempre, refugiam-se no magistério. Os baixos salários pagos aos professores afastam dessa carreira as inteligências mais brilhantes. Todas essas causas que se acrescentam ao desprestígio histórico da função (na Alemanha, por exemplo, os mutilados de guerra eram nomeados professores, sem se indagar sobre sua formação) reduzem o magistério a verdadeira sucata profissional, de onde emergem, aqui e ali, mas raramente, como a flor dos pântanos, verdadeiras "vocações" de educadores..." (1)

Esta avaliação vem se tornando cada dia mais verdadeira e se concordamos com ela, o sistema de ensino tem no professor um dos fatores que contribuem para seu fracasso, principalmente enquanto entendido como engrenagem de uma estrutura burocrática que busca fora de si as razões de suas falhas: cria as aprovações automáticas quando estas tornam-se necessárias para camuflar as altas taxas de reprovação, implementa programas de merenda escolar, motivação às vezes principal para o afluxo dos alunos carentes, introduz as "recuperações" que permitem ao estudante a superação de sua "incompetência para aprender" e modifica as condições de acesso aos diferentes graus de ensino sem, entretanto, buscar soluções baseadas na análise

de seus elementos constitutivos; ora atribui a decadência do ensino ao professor, ora responsabiliza o aluno e estes, de vítimas transformam-se em réus, situação que se torna mais catastrófica à medida que o próprio poder público não tem clara a definição dos objetivos educacionais, especialmente em relação ao ensino secundário.

Não existem dúvidas que o primeiro grau deva ser destinado à educação geral básica, que deve, em princípio, propiciar a todos os estudantes os instrumentos elementares de participação na sociedade, objetivando a alfabetização, o domínio da leitura, da escrita, do cálculo, além dos conhecimentos elementares das ciências naturais e das ciências sociais. Tampouco se questiona que o ensino de terceiro grau deva ser profissionalizante. O mesmo não ocorre com o segundo grau, que tem sido concebido ora como preparatório para o terceiro grau, portanto propedêutico e estruturado como o primeiro grau, ora como terminal, portanto, profissionalizante, e se aproximando do modelo do ensino de terceiro grau. No geral, inadequado para uma ou outra destas finalidades.

É certo que as questões da educação são complexas e envolvidas por outros contornos que não os específicos da escola em si, porém afirmamos, como D.Saviani(2), que a discussão das perspectivas e da qualidade do ensino deve contemplar dois aspectos fundamentais: o primeiro que envolve a definição de sua finalidade neste país e neste



momento, e o segundo, as condições reais de sua implantação e desenvolvimento. Neste sentido, buscaremos situar o ensino de segundo grau, particularizando o ensino de Física.

### I.1. SEGUNDO GRAU OU SEGUNDA CATEGORIA?

O ensino médio no Brasil esteve, desde sua implementação no período do Império até meados desse século, voltado exclusivamente à preparação para os cursos superiores e como reflexo dessa finalidade apresentou sempre uma tradição marcadamente teórica, particularmente no ensino de Física, embora não faltassem tentativas oficiais de fazer prevalecer uma orientação experimental (3).

As tentativas de mudança, entretanto, nunca tiveram efeito prático no que diz respeito ao enfoque teórico. Isto perdura até os dias atuais e sua finalidade, embora questionada ao longo das últimas décadas continua a ser, a menos de exceções, o preparo para os cursos superiores.

A oferta desse nível de ensino, diferente para diferentes classes sociais, também se manteve: antes as escolas públicas (poucas) e clericais (predominantes) eram freqüentadas pela elite (entendida como a minoria que detém o poder econômico, porém que desequilibra a vida social por esse poder), enquanto os elementos do povo se submetiam aos

exames parcelados; hoje, a escola pública (expandida e decadente) e escolas particulares de "baixo nível" são freqüentadas pela população de menor poder aquisitivo e algumas escolas particulares "de alto nível" são destinadas à população melhor situada sócio-economicamente.

A escola que ontem era destinada à formação da elite social e econômica foi obrigada a abrir-se para as classes ditas subalternas, por pressão das últimas. Entretanto, tal abertura não foi acompanhada de uma concomitante reestruturação, seja em termos de infraestrutura, seja na formação de professores (qualitativa ou quantitativa), e adequação dos currículos e das condições.

A escola, então, deixa de ser funcional e sofre uma mudança qualitativa decorrente da quantitativa, pois não foi um contingente simplesmente maior mas, sobretudo, foi um outro contingente social, cultural e econômico que passou a afluir à escola pública e, não raro, às escolas privadas de ensino massificado. Correspondentemente, os professores da escola pública não são simplesmente em maior número, são outros.

O fracasso da escola e sua incompetência para equacionar este problema têm sido atribuídos a esses alunos serem "diferentes" e justificam a queda da "qualidade" da escola pública, que associada à necessidade da formação das

classes dominantes, determinam a expansão das escolas particulares de elite.

Nossa realidade, portanto, admite a coexistência de duas escolas distintas: uma para a educação da elite e outra para o "resto". A queda de qualidade da escola pública colide com as demandas impostas pela dinâmica sócio-econômica de nossa sociedade:

- por um lado, a urbanização crescente aumenta a demanda de profissionais com formação média e superior;
- por outro, a ineficiência do poder público em equacionar os problemas da educação, seja na destinação de verbas, na oferta de vagas ou na formação de professores para os três níveis de ensino, não atende tal demanda.

Teoricamente, esta abertura das oportunidades pela educação secundária corresponde a uma evolução política em sua transição das oligarquias para os ideais de democracia, mas como reflexo, na prática, o segundo grau acaba sendo a exigência do empregador que antes pedia o "ginásio". Noutras palavras, o afundamento do ensino implica exigir "mais um grau" para conseguir alguém medianamente alfabetizado. E daí prá frente...

Como aponta F.K. Comparato (4), não é possível desenvolver uma educação igualitária num regime político que

não seja igualitário, especialmente em uma sociedade que não tem claro o que se espera da escola: educação ou instrução.

As medidas práticas adotadas pelo poder público apenas adiaram ou transferiram os problemas imediatos: a criação das licenciaturas "curtas" destinadas à formação de professores de primeiro e segundo grau com o conseqüente aumento das faculdades particulares de qualidade questionável, a instituição de cursos profissionalizantes a nível de segundo grau e a transferência à iniciativa particular da tarefa de formar na escola média a futura elite política e econômica do país.

A tentativa de profissionalização do ensino de segundo grau gerou, de imediato, as alterações no currículo que levaram à diminuição da carga horária das disciplinas "científicas", como a Física, que entretanto, continuaram mantendo o mesmo conteúdo formal ou oficial e o mesmo caráter (teórico). Tal redução na carga horária, contudo, não ocorreu nas escolas de elite, que se mantiveram destinadas à formação geral (preparação para o ensino superior), o que de saída representou mais uma desvantagem competitiva para os alunos das escolas públicas, já que a profissionalização do ensino médio, simplesmente caricata, mantinha a necessidade do curso superior para real profissionalização.

Além dessa deterioração das condições de ensino, o desprestígio da profissão de professor, decorrente também ou principalmente de sua má remuneração, são fatores confluente na "decadência" do ensino público de segundo grau e mesmo quando comparada a outras funções do serviço público, a posição desta profissão aponta sérias distorções:

## QUADRO 1

PROFISSÃO	SALÁRIO (NCZ\$)
FÍSICO, FONOAUDIÓLOGO, GEÓGRAFO, NUTRICIONISTA .....	367,00
SECRETÁRIO PARTICULAR (CARGO DE CONFIANÇA).....	1.163,91
PROFESSOR NÍVEL III .....	362,65
CARCEREIRO.....	562,47
ESCRIVÃO DE POLÍCIA .....	773,76
ENFERMEIRO CHEFE .....	527,75
QUÍMICO CHEFE .....	490,92
PESQUISADOR CIENTÍFICO EM FINAL DE CARREIRA.....	2.317,87
PROFESSOR EM INÍCIO DE CARREIRA (20h)..	149,18

Fonte: Folha de São Paulo - (25/05/89),

Referente a abril/1989

É inegável que a situação econômica dos professores da rede pública beira à penúria, o que transforma o magistério numa profissão que passa a ser exercida como "bico", principalmente nos cursos noturnos, já que estes profissionais são obrigados, em função de sua subsistência, a exercer outra atividade no período diurno. Este fator concorre ainda para que, diante da escassez de "mão de obra", tornar-se necessária a atribuição da tarefa de educar a professores-alunos, mesmo que ainda estejam cursando as primeiras séries do curso universitário e ainda que tal curso não esteja relacionado à formação de professores, situação que se intensifica principalmente nas escolas que se concentram nas regiões mais periféricas, que atendem essencialmente aos estudantes das classes sociais menos privilegiadas.

Ainda como decorrência da situação econômica do magistério, o excesso de carga horária a que se submete o professor na tentativa de fazer frente às suas necessidades de subsistência, torna penoso o exercício de suas funções e, mesmo quando imbuído de idealismo e boa vontade não tem sequer condições físicas para pensar, ao final de um dia de trabalho, no resultado de sua ação pedagógica, quanto menos nas possibilidades de torná-la eficiente aos olhos de quem a avalia... Muito freqüentemente, o professor, mesmo verificando a ineficácia de seu trabalho (seja através das avaliações, seja no diálogo com seus alunos ou mesmo através de suas expressões fisionômicas) não tem condições de reformular a sua prática, pois isto exigiria tempo, disposição e esforço, além de condições favoráveis propiciadas seja pela escola ou pelo Estado.

Entretanto, mesmo que o poder público se abstenha de avaliar a educação ou a instrução que se pratica em suas escolas, pois isto traria à tona o descaso com que é tratada e que vem exigindo esforços para compatibilizar minimamente o proposto e o executado, as condições da escola pública atual são conhecidas não só por seus responsáveis diretos, como também pela sociedade, como aponta pesquisa realizada, no período compreendido entre 1987 e 1988, publicada sob o

título "SEGUNDO GRAU EM ENFOQUE" (5). Esta publicação revela a opinião de alunos, diretores, professores e funcionários das escolas:

" ...Até este mês (maio) a escola está sem professores suficientes de física, química e inglês..."

"...A escola não tem biblioteca, laboratórios ou salas especiais e a ênfase está no maior aproveitamento das aulas..."

"...O laboratório de química está desativado e a biblioteca funciona apenas quando existe algum funcionário. Grande parte dos alunos não conhece a biblioteca e, mesmo que quisessem utilizá-la, não existem mesas e cadeiras para estudar no local."

A esse quadro de infra-estrutura que dificulta o desenvolvimento de qualquer modelo educacional, os alunos juntam outro fator de desacerto:

"...Uma das razões para o ensino ser fraco é que os professores ganham mal e perdem a vontade de dar aulas..."

Embora o Estado "ofereça" alguma condição de reciclagem, organizando periodicamente seminários, cursos e palestras para professores, esta não produz os efeitos desejáveis por serem medidas isoladas em um contexto mais amplo, conforme aponta a mesma pesquisa:

"...A delegada promove cursos de reciclagem para professores, mas a maioria deles não participa porque tem mais de um emprego e pouco tempo disponível para dar aulas..."

Também a indefinição da finalidade do segundo grau é apontada pois, apesar de a maior parte dos professores



consultados afirmar que o segundo grau na escola é encarado como um curso terminal porque os próprios alunos só estão interessados no certificado de conclusão, muitos estudantes dizem que têm a perspectiva de fazer um curso superior e na opinião destes, o único problema é que a escola não oferece o preparo suficiente para fazer um exame vestibular.

Embora estas informações tenham sido colhidas em um veículo de comunicação, sem balizamento estatístico, elas ilustram com muita precisão a situação vivenciada nas escolas públicas, e não constituem um retrato apenas das escolas de periferia, mas também daquelas que em outros tempos foram as responsáveis pela formação da elite:

"...A tradição de um ensino exemplar é hoje apenas uma lembrança dos bons tempos; além da fama, herdou um prédio grande, com 21 salas, duas quadras de esportes e uma biblioteca com mais de 8.000 volumes, hoje em péssimas condições de conservação. Assim como o ensino, as instalações físicas mostram que a escola já não figura como modelo educacional. A única preocupação é cumprir o planejamento que é feito no início do ano..."(6).

Apontamos ainda, no QUADRO 2 a "eficiência" da escola pública de segundo grau no Estado de São Paulo, mesmo se considerando um padrão baixo de aproveitamento:

QUADRO 2

ANO	MATRÍCULAS	APROVAÇÕES
1983	507.171	299.328
1984	532.076	303.438
1985	574.969	325.967

Fonte: Anuário Estatístico do IBGE, 1987/88

Estes resultados podem ser entendidos como um reflexo de que o saber que deve ser "aprendido" é o saber determinado pela escola e pelo professor e que a qualidade deste saber é definida (avaliada) pela classe social que o estabeleceu. Os alunos de segundo grau nas escolas públicas, em sua maioria, vêm de famílias que precisam de seu trabalho para a subsistência e não trazem bagagem cultural suficiente para suportarem o peso do currículo e a metodologia impostas: repetem e/ou evadem-se, levando a culpa por terem falhado, culpa esta atribuída pelo sistema escolar, pelo professor e também pela própria família... Entretanto, o que aconteceria ao sistema de ensino público, se porventura a escola se tornasse eficiente no que diz respeito ao aproveitamento dos alunos?

A omissão do Estado em relação ao ensino médio se complementa com a insuficiência de sua oferta, como podemos constatar nos dados apontados pelo Plano de Melhoria das Escolas Técnicas Industriais (MEC/BIRD-1984): dos 723.818 jovens de 15 a 18 anos que freqüentam o segundo grau, apenas 64% estão matriculados nas 1.100 unidades escolares do segundo grau da rede estadual, que não chega a atender sequer a 20% das necessidades da população em idade de freqüentar esse grau. Grande parte, aproximadamente 60%, freqüenta o curso noturno, que apresenta graves distorções de natureza administrativa e pedagógica (7).

Se nas escolas públicas assistimos a uma situação de decadência quanto à "qualidade" e às condições do ensino, apesar de tentativas que visam a sua melhoria e adequação através de esforços quase que exclusivamente individuais, nas escolas particulares podemos verificar uma situação um pouco diferenciada, permitindo-se caracterizar duas espécies distintas desse tipo de escola:

- a primeira delas destinada à clientela proveniente das classes subalternas que não são atendidas pela escola pública; algumas oferecendo o ensino de segundo grau regular e outras oferecendo o ensino profissionalizante (os cursos que demandam baixo investimento). Na maior parte destas escolas a situação não é diversa daquela vivida na escola pública;

- a segunda espécie de escola particular destinada à formação de estudantes provenientes de famílias de melhor poder aquisitivo; nesta categoria de escola, a meta a ser atingida é o preparo dos estudantes para o desempenho da cidadania: oferecem uma formação geral "puxada" que os prepara para a continuidade da formação nos cursos superiores e principalmente, para vencerem o desafio do vestibular, não desprezando a capacitação para o uso da tecnologia e o domínio dos conhecimentos modernos; se equipando para isto com uma estrutura física e humana adequada, como laboratórios, computadores, bibliotecas atualizadas e oferecendo cursos extra-curriculares como informática, microscopia, prática de química, mecânica de automóveis ou filosofia e política. A eficiência dessas escolas frente às metas a que se propõem é inquestionável diante dos dados: seus alunos são destinados às Universidades Públicas, cujo padrão de ensino é inequivocamente de qualidade superior ao da maioria das escolas particulares de terceiro grau, fato também apontado pela pesquisa citada anteriormente:

"...no ano passado a escola colocou 10 alunos no ITA, 87 na POLITÉCNICA e 30 na MEDICINA de PINHEIROS, resultados associados ao ensino "puxado" que vai além dos programas de vestibular, respaldado em sua infra-estrutura como laboratórios (o de Física chega a produzir material próprio, o de Química tem reagentes suficientes para os alunos trabalharem individualmente e o de Biologia possui uma média de 2,5 microscópios por aluno), biblioteca equipada e atualizada, inclusive com dezenas de assinaturas de revistas, video-texto para pesquisa livre dos alunos e fitas cassetes com gravação de palestras." (8)

Enquanto nas escolas particulares da primeira espécie a falta de professores e sua formação é tão crítica ou mais do que nas escolas públicas, nas últimas o corpo docente é proveniente das grandes Universidades, muitas vezes com titulação acadêmica, como ilustra o QUADRO 3, referente ao corpo docente de uma dessas escolas:

QUADRO 3

UNIVERSIDADE/FACULDADE	NUMERO DE PROFESSORES	(%)
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO	50	65
PUC DE SÃO PAULO	07	09
UNIVERSIDADE MACKENZIE	03	04
OUTRAS	16	32
TOTAL DE PROFESSORES	76	100

Fonte:

Folha de São Paulo, " SEGUNDO GRAU EM ENFOQUE "

Nesse balanço, a clientela da primeira espécie é duplamente penalizada; por não ser atendida pelo Estado e por pagar (e caro) pela sua formação. Para estes alunos o vestibular às Universidades Públicas é tão impossível quanto para aqueles da escola pública de segundo grau.

Não é um equívoco afirmar que existem dois tipos de ensino de segundo grau: um destinado à formação da elite e que a prepara para a vida universitária e outro para as classes subalternas, que se não é terminal (em função da situação sócio-econômica), destina sua clientela às faculdades particulares de qualidade questionável. O resultado não poderia ser diferente do que aponta a citação de M.N. Mascellani (9):

"por paradoxal que possa parecer, os estudantes que durante o ensino médio tiveram possibilidades de frequentar boas escolas particulares serão aqueles que terão o ingresso facilitado na universidade pública; ao contrário, os que frequentaram o ensino fundamental e o segundo grau em escolas públicas ou fizeram supletivos em cursos particulares, serão distribuídos, de algum modo, pela rede de faculdades particulares."

O caráter seletivo e excludente não é atributo exclusivo da escola pública; os dados do QUADRO 4 nos apontam o desempenho dos estudantes de algumas escolas particulares que atendem à clientela de alto poder aquisitivo, onde se pode perceber o "enxugamento" dos alunos da primeira à terceira séries do segundo grau:

QUADRO 4

-----

série nº de alunos matriculados por série/escola

-----

1ª	429	414	1074	220	413	28
2ª	310	294	664	161	357	32
3ª	221	249	518	134	339	20

-----

Fonte: Data folha: 6/12/87; 29/11/87

Enquanto nas escolas públicas a seleção dos alunos se dá em função de suas condições sociais, econômicas e culturais, nestas últimas a seleção se restringe ao aspecto cultural dos estudantes, algumas delas chegando a excluir de seu quadro discente aqueles que são reprovados, portanto, incapazes.

## I.2. AS LIÇÕES DO VESTIBULAR

Ao mesmo tempo em que o poder público se abstém de avaliar a educação que oferece e o meio produtivo exige a cada dia um grau a mais de escolaridade daqueles que se candidatam a um emprego, nossa sociedade meritocrática nega o caráter seletivo e excludente da educação, teorizando que só não estuda quem não quer. Na prática, os estudantes que cursam a escola secundária, para prosseguirem sua formação intelectual e profissional, devem demonstrar que são dignos dessa pretensão, e à falta de outro instrumento habilitatório, devem se submeter aos exames vestibulares.

Entretanto, uma apreciação dos relatórios produzidos pela FUVEST (Fundação para o Vestibular - SP) (10) aponta não só para uma seleção por qualidade de ensino nas diferentes escolas de primeiro e segundo grau, mas sobretudo para uma filtragem sócio-econômica e cultural que reproduz a seleção efetivamente estabelecida pela origem de classes e pela escola freqüentada pelos estudantes.

Esses relatórios revelam, por exemplo, em que tipo de instituição (pública ou particular) se deu a formação do candidato, nos primeiro e segundo graus, apontando ano a ano a relação (em percentual) entre candidatos inscritos (I) e chamados (CH.). Este é o primeiro item do questionário que os candidatos preenchem:

QUADRO 5

PRIMEIRO GRAU				
ANO	ESCOLA PÚBLICA		ESCOLA PARTICULAR	
	I%	CH%	I%	CH%
1984	62,1	51,6	23,9	33,2
1985	59,2	50,3	25,7	33,4
1986	55,5	46,6	27,7	36,1
1987	55,9	43,8	27,5	38,3
1988	52,4	41,4	31,2	42,0

SEGUNDO GRAU				
ANO	ESCOLA PÚBLICA		ESCOLA PARTICULAR	
	I%	CH%	I%	CH%
1984	41,7	34,4	46,1	56,0
1985	41,4	32,3	47,2	60,3
1986	38,8	38,8	47,9	59,0
1987	38,5	30,8	46,6	59,1
1988	36,0	28,7	50,7	62,2



O crescente descrédito da escola pública (introyetado pelos alunos) pode ser percebido com a rápida diminuição anual dos candidatos inscritos que se prepararam nas instituições públicas, tanto no primeiro como no segundo graus.

Considerando que o número de estudantes que concluem o segundo grau nas escolas públicas é superior ao daqueles das escolas particulares (em 84, contra 83.890 concluintes na escola pública, 63.187 na particular) a sua menor participação no processo de seleção ao valorizado e desejado ensino público superior, implica em uma prévia e desmerecedora auto-apreciação, consubstanciada, aliás, pelos resultados médios relativos deste grupo de inscritos.

O segundo item respondido pelos candidatos dá conta das condições em que se deu sua escolarização no segundo grau:

QUADRO 6

ANO	MANHÃ		TARDE		NOITE		INTEGRAL		SUPLETIVO	
	I%	CH %	I%	CH%	I%	CH%	I%	CH%	I%	CH%
1984	54,4	66,2	4,8	4,9	23,4	7,0	4,4	9,7	1,1	0,3
1985	57,9	63,4	4,8	4,9	19,7	8,4	4,4	11,2	0,9	0,3

Também não é por acaso que o desempenho dos candidatos que freqüentaram a escola no período noturno é pior que o de seus colegas que o fizeram nos períodos da manhã, tarde ou integral, condição que se soma ao exercício concomitante de trabalho remunerado:

QUADRO 7

ANO	NÃO		1/2 PERÍODO		PERÍODO INTEGRAL	
	I%	CH%	I%	CH%	I%	CH%
1984	59,6	75,3	10,8	8,7	22,3	8,7
1985	61,4	71,3	11,5	9,3	20,0	12,0

A este quadro se soma outro fator determinante nas condições de desempenho dos estudantes, o grau de instrução do pai, que indiretamente reflete a situação sócio-econômica da família:

QUADRO 8

ANO	NENHUM		PRIM. GRAU		SEG. GRAU		SUPERIOR	
	I%	CH%	I%	CH%	I%	CH%	I%	CH%
1984	1,7	0,7	48,6	32,8	17,4	18,5	30,5	46,1
1985	1,6	0,6	45,7	31,0	18,1	18,3	33,6	49,3
1986	1,4	0,5	43,3	30,7	18,5	19,3	35,3	48,3
1987	1,7	0,8	44,7	29,7	17,8	18,3	32,9	49,4
1988	1,4	0,6	41,2	27,5	18,6	17,1	38,1	53,2

Esses dados nos apontam o vestibular como filtro sócio-econômico-cultural dos candidatos ao ensino superior, papel antes já desempenhado pelos exames de "admissão" que davam acesso ao curso ginásial e pelos "vestibulinhos" que precediam o curso de segundo grau, práticas que eram comuns também nas escolas públicas.

Tais informações, quando associadas ao desempenho dos candidatos, revelam um mecanismo (em componentes objetivos e subjetivos) da manutenção das desigualdades sociais. As oportunidades de disputa são igualitárias ao passo que as oportunidades de preparo são diferenciadas. Os resultados obtidos pelos candidatos das classes menos favorecidas economicamente são piores em relação àqueles obtidos pelos estudantes de extração sócio-econômica alta. Enquanto os primeiros frequentam o segundo grau em escolas públicas (60% no noturno), permanecendo menos tempo na escola e seu trabalho geralmente sendo necessário à manutenção da família, os candidatos provenientes de colégios particulares de elite (melhor equipados em termos de infra-estrutura física e humana) não só já partem de maior bagagem cultural como a ela acrescentam maior facilidade no acesso ao preparo para o vestibular. O resultado, portanto, não poderia ser diferente. Não nos apressemos, contudo, com um simples veredito de que as escolas particulares ensinam "melhor" que as públicas, mas

sim que fornecem o "treino" mais adequado para o vestibular, a partir de uma seleção prévia, como podemos observar no relatório FUVEST de 1988:

## QUADRO 9

-----  
1988 - SEGUNDO GRAU X CURSINHO

	I%	CH%
ESCOLA PÚBLICA SEM CURSINHO	17,8	7,8
ESCOLA PARTICULAR SEM CURSINHO	30,6	32,0
ESCOLA PÚBLICA COM CURSINHO	23,1	25,3
ESCOLA PARTICULAR COM CURSINHO	25,3	34,1

-----

Ou seja, enquanto consideramos os estudantes que prestam o vestibular sem terem freqüentado os cursinhos preparatórios (especializados em adestrar os estudantes na resolução de problemas típicos desses exames), a relação entre candidatos inscritos/aprovados é 30/1 nas escolas públicas e 13/1 nas escolas particulares; tal relação após a freqüência aos mesmos torna-se mais equilibrada: 12/1 para os candidatos das escolas públicas contra 10/1 para aqueles provenientes das escolas particulares, isto também não significa que os cursos preparatórios se constituam no antídoto para as deficiências do ensino de segundo grau, mas sim que o desempenho nos exames vestibulares requer treino, e nisto são eficientes tanto quanto as escolas de elite. Esta situação deve perdurar enquanto não houver mudanças significativas no enfoque pedagógico desses exames que hoje não permitem avaliar efetivamente a condição cognitiva do estudante como aponta o QUADRO 10, que indica as notas de Física dos candidatos:

QUADRO 10

ANO	PRESENTES	AUSENTES	ZEROS	MÉDIA
1984	24.556	2.871	113	3,95
1985	24.535	3.430	385	3,24
1986	20.811	3.320	620	3,18
1987 (*)	8.526	1.530	273	4,66 (1)
	5.629	857	636	2,88 (2)
	4.542	522	229	2,17 (3)
1988 (**)	10.025	1.666	464	4,24 (1)
	10.298	1.547	251	4,17 (2)

(\*) Três tipos de provas

(\*\*) Dois tipos de provas

Embora este quadro nos dê uma idéia do "conhecimento" em uma disciplina específica, o padrão se repete para todas as outras. Deve-se ressaltar que para os candidatos que concorrem às carreiras de maior "status" o desempenho é melhor, piorando nas carreiras menos atrativas, fato que leva à ociosidade de vagas no ensino público superior, notadamente naqueles que levam ao magistério, como mostram os dados do vestibular do Rio de Janeiro (1988):

QUADRO 11

CARREIRAS	PORCENTAGEM DE VAGAS PREENCHIDAS			
	UFF	UNI-RIO	UFRJ	TOTAIS
Geografia	10.0	-	30.0	16.7
Letras	23.6	-	26.4	25.8
Educação	12.2	50.0	20.0	19.4
Educação Artística	-	66.7	18.3	28.2
Física	42.5	-	34.0	37.8
Filosofia	-	-	45.0	45.0
Química	37.5	-	50.0	41.7
Educação Física masc.	-	-	17.0	17.0
Matemática	30.0	-	100.0	58.0
História	63.0	-	93.3	74.4
Educação Física fem.	-	-	27.0	27.0
Ciências Biológicas	-	15.6	100.0	73.8

Fonte: (vestibular 1988-seleção ou exclusão? Sergio C. Ribeiro -Laboratório Nacional de computação Científica número 23/88)

Os estudantes provenientes de extratos sociais mais baixos têm seu desempenho geralmente associado à precariedade da educação pública, que juntamente com suas condições sócio-econômicas impedem uma preparação adequada. Entretanto, como justificar o baixo aproveitamento também daqueles que, provenientes dos extratos sociais mais elevados, tiveram um ensino nos graus anteriores considerado de qualidade?

Considerando-se que os exames vestibulares se baseiam no conteúdo mínimo dos cursos regulares de segundo grau e estes, em sua maioria estruturam seu currículo em função dos programas desses exames, o desempenho dos estudantes aponta outro fator de desacerto da escola secundária: seu conteúdo.

No contexto em que se assenta o ensino secundário, em uma sociedade que se estrutura em classes desigualmente favorecidas em sua condução política, onde os investimentos na educação pública são os menores, mesmo quando comparados aos países do terceiro mundo, onde as escolas apresentam deficiência crônicas de infra-estrutura e os professores, em sua maioria, não são privilegiados por uma competente formação acadêmica e pedagógica, oferecer-se um currículo comum que serve de fachada a todas as escolas adquire contornos de uma educação democrática, igualitária, mesmo que não se tenha como definida a finalidade social da escola média secundária.

A escola e seu produto (quer denominemos educação, formação ou instrução) só faz sentido quando se tem como referência a preparação do cidadão para o mundo contemporâneo, portanto, o conteúdo que aborda não pode, nem deve ser atemporal, tampouco desvinculado da forma de vida da sociedade que se pretende atingir.

Nesse sentido, podemos afirmar que a escola brasileira, particularmente de nível médio e especificamente no ensino de Física, é alienada, como aponta D.G.Moura (11):

"É possível mostrar que esse currículo foi construído segundo os interesses imediatos do terceiro grau, em um momento em que a escola secundária estava essencialmente voltada para a preparação de uma elite de estudantes para a continuação de estudos específicos no 3º grau. Assim, outros elementos de influência, importantes no momento atual, são relegados nesse currículo: 1- os novos interesses e as novas características dos estudantes; 2- uma nova concepção de escola secundária, mais voltada para a formação do indivíduo e sua integração à sociedade; 3- as mudanças produzidas pela introdução, em escala cada vez maior, da tecnologia em nossa sociedade, exigindo dos indivíduos novos níveis de compressão".

Se o conteúdo da escola média se estabeleceu como uma espécie de paradigma e se mantém apesar das mudanças tanto no âmbito da escola como da sociedade, o que se questiona é a qualidade atribuída ora à escola pública "de ontem", ora à escola particular de elite de hoje.

Em uma escola que ao planejar seu currículo não considera as exigências da realidade social, econômica e cultural, restringindo-se a transmitir um conteúdo



estabelecido e inquestionável, pode-se obter quando muito, uma instrução (ou adestramento) de qualidade.

Embora tenhamos nos referido à escola pública ter sido "boa" no passado e "decadente" no presente, ao preconizarmos a necessidade de uma recuperação, não estamos sugerindo uma volta ao passado, mas a concepção do novo, algo que possa recuperar a degradação, que sim houve, mas da condição humana (e sobretudo intelectual), principalmente do professor.

São inúmeras as lições que um exame acurado dos relatórios dos exames vestibulares podem trazer ao investigador interessado. Só apontamos aqui algumas delas. Elas nos bastam para compreender a seleção de extratos sociais praticada na (e pela) escola, elas nos revelam também a razão do adestramento pragmático que se instalou em boa parte da rede privada, que chega inclusive a conveniar-se com cursinhos que "adotam" seus alunos nos últimos meses da terceira série.

Entre as muitas conseqüências que esta perversão da escola tem trazido, achamos importante ressaltar o prejuízo formativo à significativa parcela de estudantes para os quais o segundo grau é, na prática, terminal.

## II. O QUINHÃO DA FÍSICA (E NESTE O DA ÓPTICA) NO ENSINO MÉDIO

Em nossa argumentação precedente julgamos que a escola brasileira é anti-democrática, por ser seletiva, excludente e alienada, tanto do ponto de vista de sua oferta, como de sua prática. Nesse capítulo argumentaremos que particularmente no ensino de Física, o resultado da escola pública de nível médio é ineficiente, comparando o que se preconiza com aquilo que na realidade se pratica.

Tomemos como exemplo do que se pretende obter com o ensino de Física, as sugestões apresentadas pela Comissão de Ensino da Sociedade Brasileira de Física (12):

### "1. Objetivos gerais:

- Tornar os alunos aptos a analisar e compreender o avanço científico e tecnológico da época presente, habilitando-os a julgar o valor da ciência e da técnica na solução dos problemas de seu meio, de modo a capacitá-los a contribuir para o progresso social.

-Desenvolver hábitos científicos, mediante atitude racional, inquisitiva, crítica, experimentadora, criativa e persistente perante os fenômenos naturais; levar o estudante a compreender os princípios fundamentais da Física, o valor e as limitações dos modelos e conceitos simples.

### 1.1. Objetivo específico do ensino de Física no nível médio:

- Estimular o interesse dos alunos pelos estudos mais avançados nas áreas profissionais ligadas à Física e capacitá-los a prosseguir os estudos nessas áreas."

Consideremos que tais objetivos sejam de fato assumidos pela totalidade dos professores que atuam no ensino secundário e situemos as condições reais onde este se dá.

Nas escolas públicas e nas particulares de ensino massificado, o segundo grau é frequentado majoritariamente no período noturno (cerca de 80%), que comporta uma carga horária semanal de 25 aulas nas três séries; nas escolas de elite este se dá no período diurno, com carga horária variando entre 30 e 36 aulas "oficiais", além da carga extra-curricular suplementar.

Para a disciplina de Física nas escolas públicas são destinadas duas a três aulas semanais em cada série (excentuando-se o curso de magistério); nas escolas destinadas à elite, esta média se situa entre três e seis aulas semanais e, enquanto nas primeiras, o laboratório é simbólico, pois mal equipado e raramente utilizado, nas últimas chega a superar, em equipamento, aqueles de muitas faculdades, com horários e professores específicos para sua prática.

Apesar dessas condições desiguais, o currículo oficial (ou aparente) é o mesmo, independente da escola que investiguemos, estruturado, como já apontamos, para preparar o estudante para o terceiro grau. O que diferencia é seu planejamento e execução.

Em grande parte das escolas públicas, o planejamento dos cursos se dá a partir da cópia dos índices dos livros didáticos, ignorando-se até mesmo as diferenças entre o número de aulas e sua duração nos períodos diurno ou noturno. Isto o torna inexecutável, mesmo no que diz respeito à totalidade de cada conteúdo abordado, sendo aleatórias as necessárias supressões efetuadas pelo professor.

Para a maioria dos estudantes da escola pública, embora não apresentemos os dados estatísticos, a Física no segundo grau se resume à cinemática, dinâmica e eletrostática, além de uma prévia revisão de matemática que envolve geralmente potência de base dez e construção de gráficos (1).

Nas escolas de elite o curso de Física é estruturado e planejado para dar conta, quando não superar, em quantidade e qualidade, o programa oficial, no qual se baseiam os exames vestibulares: Mecânica, Termologia, Óptica/Ondas e Eletricidade.

Na execução desse currículo, temos os livros-texto como o instrumento de ensino/aprendizagem mais difundido, qualquer que seja o tipo de escola, embora utilizado de forma diferenciada e escolhido através de diferentes critérios.

---

(1) Esta revisão é, de um lado a constatação da fragilidade da formação em matemática dos alunos, de outro lado a introjeção da idéia de que o curso de Física só pode se desenvolver a partir dos instrumentos matemáticos. Não se cogita, por exemplo, desenvolver instrumentos (quando carentes) juntamente com os conteúdos de Física, no momento em que se mostrarem essenciais.

Entre estes livros-texto, o que se constata é a mesma seqüência fechada na apresentação do conteúdo (definido pelos programas vestibulares): os conceitos são definidos e formalizados praticamente na mesma ordem, o que por si tornaria supérflua tamanha diversidade de títulos, não fosse a lógica própria do mercado editorial. Pode-se ainda identificar alguns dos livros-texto como "matrizes" pois apresentam o conteúdo básico e a seqüência que passaram a ser adotados nos demais. Eles trazem, geralmente, exemplos de aplicação, informações adicionais e leituras complementares que às vezes apontam a existência de uma Física Contemporânea, além de um maior número de exercícios.

Não por acaso, os livros a que denominamos "matrizes", são aqueles adotados nas escolas de elite, embora muitas delas, por considerarem questionável a qualidade dos textos atuais avaliados como incompatíveis com seus propósitos educacionais, assumiram a produção do material a ser utilizado pelos alunos. Apesar desta avaliação depreciativa, tais textos são com freqüência utilizados para a formação em Física dos estudantes das licenciaturas nas faculdades particulares!

O despreparo acadêmico e pedagógico da maioria dos professores de Física das escolas públicas aliado às condições desfavoráveis de seu trabalho (jornada de trabalho excessiva, poucas aulas e excesso de estudantes em cada classe) faz com que se utilizem cada vez mais das versões simplificadas dos livros-texto, que deixam de ser recurso auxiliar para tornarem-se fonte exclusiva para o preparo de seus cursos. Isto ocorre até nas escolas onde, por razões diversas, inclusive econômicas, os livros-texto não são adotados para o uso dos alunos; o conteúdo, a metodologia de ensino, a avaliação da aprendizagem, quando não a fonte de conhecimentos do professor são determinados pelos livros concebidos para manuseio dos alunos.

Como característica comum à totalidade dos textos destinados ao ensino de Física na escola média, podemos apontar a "pressa" com que se chega à formalização (ou "formulização") condicionada aos testes vestibulares. Por justa que seja essa preocupação, é inadmissível que isto se faça em detrimento da efetiva compreensão dos fenômenos e conceitos, particularmente por ser o segundo grau a etapa terminal de escolarização de grande parte dos alunos da rede pública de ensino.

A principal característica desses livros, entretanto, é a apresentação da Física como um corpo de conhecimentos estáticos e definidos por uma seqüência "lógica", "auto-consistente" e inquestionável. Embora alguns autores esclareçam que os conteúdos são apresentados em função dos temas em que a Física é usualmente dividida para fins didáticos, nenhum deles apresenta a forma como esses conhecimentos "divididos" se articulam.

Neste cenário que permitiu ao livro didático monopolizar na definição do conteúdo e da metodologia a autoridade, que não mais decorre do preparo do professor e do produto de seu trabalho com os alunos, torna-se compreensível a aversão dos estudantes pela Física, a visão que adquiriram e a lembrança do que estudaram dessa Ciência. Como exemplifica S.Salém (13), ao apontar as opiniões de estudantes de terceiro grau a duas questões formuladas:

"Já estudou Física antes? O que?"

"- Sim. Movimento retilíneo, movimento do corpo, massa, velocidade de um móvel.

- Sim. Estudei mecânica, movimento uniforme,  $v_m$ , velocidade escalar, cinética, leis de Newton, óptica, som...

- Partes da mecânica e também da dinâmica.

- Sim. Mecânica, cinemática, movimento.

retilíneo uniforme, aceleração, reação do

móvel, etc...

- Queda livre dos corpos, massa e volume, correntes, etc...
- Sim. Eletricidade, força, mecânica, vetor, etc...
- Estudei velocidade, tempo, espaço, cinética e resistores.
- Sim, com sinceridade acho difícil resumir o que eu aprendi em 7 anos de aprendizado em poucas linhas.
- Sim. Cinemática, MRU, MRUV, óptica, prismas, etc...
- Aplicação de fórmulas e problemas.
- Reflexões, óptica, elétrica (nenhuma delas a fundo). Algo mais que não recordo os nomes."

"No seu ponto de vista, o que é Física?"

- "- É uma ciência que estuda os fatos físicos, ou seja, a separação das cores, a velocidade de um corpo, etc...
- A Física é o estudo da gravidade, velocidade, eletricidade e da mecânica.
- É uma ciência que estuda os movimentos ou que analisa, que calcula ou explica as movimentos.
- É parte da Matemática e dos fenômenos.
- É o estudo das velocidades, corpos e reações.
- É parte da ciência que estuda trabalho.
- São diferentes modos de fazer cálculo para acharmos o resultado do tempo, espaço, variação, etc...
- É o estudo de como um corpo pode se mover no mesmo sentido ou em sentido horário.
- É uma parte da ciência que estuda por exemplo  
 $v = t/v_1$     -> <-    <- -> (tempo, velocidade)  
 cálculo        vetores



- É uma mistura de fórmulas, cálculos de acidentes físicos, que acontece na natureza.
- São métodos de cálculos."

Esta amostra embora não tenha valor estatístico, torna-se representativa quando associada ao desempenho dos estudantes nos exames vestibulares e, se averiguarmos ainda o desempenho daqueles que alcançam uma vaga nos cursos universitários onde a Física é fundamental, permite concluir que os objetivos propostos no início desse capítulo representam uma utopia, mesmo para aquelas escolas médias que oferecem um "ensino puxado".

Verifiquemos o que os estudantes podem aprender sob o tema Óptica, observando o índice de um dos textos mais completos (14), que se propõe a "apresentar a Física como uma Ciência contemporânea e de profunda importância na interpretação de fenômenos diversos, como a estrutura da matéria, a eletricidade, a luz e o calor":

"INTRODUÇÃO A ÓPTICA GEOMÉTRICA;  
REFLEXÃO DE LUZ - ESPELHOS PLANOS;  
ESPELHOS ESFÉRICOS;  
REFRAÇÃO LUMINOSA;  
LENTE ESFÉRICAS DELGADAS;  
INSTRUMENTOS ÓPTICOS"

Esta seqüência arrola as definições e formulações geométrico-algéblicas de alguns fenômenos luminosos, ou seja, se restringe apenas ao conteúdo estruturado há cerca de três séculos, introduzindo o tema a partir das "considerações iniciais": "Há fenômenos luminosos que podem ser analisados sem a necessidade de um conhecimento prévio das teorias que explicam a natureza da luz. Esses fenômenos são estudados a partir da noção de raio de luz, de princípios fundamentais e de considerações geométricas. Eles constituem a óptica geométrica. Para representar graficamente a luz em propagação, como, por exemplo, a emitida pela chama de uma vela, utilizamos a noção de raio de luz.

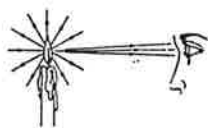


Fig. 1 - raios de luz atingem o globo escuro do observador.

Raios de luz são linhas orientadas que representam, graficamente, a direção e o sentido de propagação da luz." (15)

A introdução se completa com a descrição também suscinta dos princípios fundamentais dos raios de luz e a definição dos fenômenos ópticos.

Nos capítulos seguintes do texto em questão, estão apresentadas as "leis" e as formulações geométrico-algéblicas, sempre seguidas de sua aplicação prática: a resolução de problemas idealizados, ora com a aplicação direta de fórmulas, ora com a construção geométrica, porém sempre que possível, com a indicação do vestibular onde "caiu".

Neste texto não existem sugestões de experimentos, mesmo que fossem para demonstrar as verdades tão claramente apresentadas, o que é justificável, pois experiências nem sempre dão certo, além disso tomam tempo; esses reveses poderiam comprometer a autoridade e a competência do professor, e dificultar o cumprimento do planejamento do curso.

Estudando esse texto com dedicação, e resolvendo a grande quantidade de exercícios que ele propõe, é certo que os estudantes dos cursos secundários podem saber repetir o que é reflexão, refração, as fórmulas das lentes e dos espelhos; que a luz pode ser produzida por alguns objetos e absorvida por outros; se for um aluno aplicado, vai conseguir calcular índices de refração, tamanho e posição de imagens, e determinar tipos de lente ou de espelhos. Entretanto, ainda não está "maduro" para saber porque alguns são capazes de produzir ou absorver esta luz, porque algumas possuem determinadas cores e mesmo porque se representa a luz através de raios, já que não se faz referência, no texto, às teorias que sintetizam o conhecimento científico a respeito da luz.

Como o segundo grau é preparatório para o terceiro, uma compreensão efetiva de tais fenômenos é assumida como desnecessária, postergada eventualmente para um possível futuro; fundamental é dar conta de imediato do domínio dos aspectos matemático-formais desses fenômenos, ignorando qualquer análise Física dos mesmos, qualitativa, que partisse de elementos da vivência do estudante e desse conta de sua inter-relação com a estrutura da matéria, o que permitiria apresentar a óptica como um "recorte" da Física e não uma "parte" estanque e geometrizada da mesma.

Poderíamos nos perguntar qual a motivação dos autores (deste e tantos outros textos, já que o exemplo não é isolado) para optar por tal abordagem, que não associa a Óptica aos conhecimentos da estrutura da matéria, não trata da produção de luz, que geralmente está associada à produção de calor e de outras radiações; não cumpre enfim o que se anuncia na própria apresentação do livro.

É possível contra-argumentar que um professor competente não se restringe ao conteúdo apresentado simplificada-mente no livro-texto, que este teria a função de roteiro para suas aulas e que, em última instância os alunos utilizariam tal livro apenas para consultar as sínteses teóricas quando estivessem desenvolvendo sua habilidade na resolução dos exercícios. Entretanto, além de não ser esta a realidade, seu conteúdo é ultrapassado.

Certamente há uma tradição secular do ensino da Óptica como "óptica geométrica" mesmo porque, até 1913 (ano da apresentação por Bohr de seu modelo quântico de átomo) não havia tratamento convincente da interação luz-matéria ou da produção e absorção de luz. No entanto, é difícil aceitar tal justificativa quando já nos aproximamos do fim do século e a realidade "quântica" da óptica "salta aos olhos" nas luminárias fluorescentes (como o neon) ou nos tubos de televisão.

Poder-se-ia tentar argumentar que historicamente (e mesmo no aprendizado acadêmico atual), a compreensão da luz como onda eletromagnética clássica precede a sua quantização e que o modelo de Bohr seria uma violação dos princípios clássicos que se quer ensinar na escola média. Curiosamente, no entanto, os mesmos alunos que são "poupados" da abordagem quântica na disciplina "Física", são forçados a memorizar, na disciplina "Química", detalhadamente, os níveis, sub-níveis etc, etc, do mesmíssimo modelo de Bohr, mal compreendendo os K,L,M ... ou  $n, l, m, s \dots$  onde  $n$  inteiro positivo,  $0 < l < n-1$ ,  $-l < m < +l$  e  $s = \pm (1/2) \dots$

Na realidade, há pelo menos uma razão do tratamento meramente geométrico da luz nas aulas de Física, que é a mesma razão da "decoreba" do modelo de Bohr nas aulas de Química. Num e noutro caso trata-se de apresentar fórmulas e correspondentes procedimentos formais que se prestam à avaliação "quantitativa" pela resolução de problemas, ora geométricos ora numéricos, e dão margem ao treinamento nos moldes demandados pela atual conformação dos exames vestibulares que reforçam a compartimentação dos conteúdos: átomo de Bohr é "Química"! (não pode ser "Física", portanto...)

Na prática, trata-se de adestrar em certas técnicas abstratas que se afirmam estarem relacionadas com a "realidade" Química, Física etc., sem uma preocupação de discussão dos fundamentos, esta sim qualitativa, mais sutil e cujo aprendizado é de difícil avaliação. Reforçando a tese da escola voltada mais à seleção que ao aprendizado, se ensina aquilo que se pretende avaliar ao invés de avaliar-se aquilo que se deveria ensinar. Não é verdade também que o aprendizado dos fundamentos seja prerrogativa do ensino superior pois, respeitados alguns limites razoáveis, os fundamentos de qualquer assunto podem, de alguma forma ser ensinados a quem quer que seja, em qualquer idade. (16)

Voltemos por mais um instante nossa atenção para aquele aluno, digamos, da segunda série do segundo grau no curso noturno da escola pública (maioria, portanto, não exceção!). Este aluno, após o "expediente de trabalho", está decorando por exemplo que  $1/f=1/d_i+1/d_o$  no curso de óptica, sem ter tido a chance de associar a cor da luz com os níveis quânticos que decorou em química na primeira série e, com certeza, já esqueceu...

A aridez formal do ensino com que este aluno se depara é uma das principais barreiras no caminho da formação cultural que deveria ser a razão de sua escolaridade. Não se acredite, por isso, que tal compartimentação e tal aridez sejam as mais adequadas formas de aprendizado para a escola de elite. Algumas destas escolas chegam mesmo a se esforçar no sentido de adiantar pontos de Física Moderna, por exemplo, com material instrucional próprio. No entanto, é na disputa da "seleção" que elite e periferia encontram sua diferença essencial.

Mais grave que isto tudo é o flagrante desperdício no adiestramento formal mal compreendido por aqueles (maioria!) que não se dirigem ao vestibular ou que não o ultra-passam. Não se lhes enriquece a visão de mundo, não se lhes acrescentam elementos de interpretação e se lhes reforça a convicção que "sua cabeça não dá pra coisa...", frisando a auto-depreciação em alguns estudantes ou o desprezo pelo aprendizado em outros.

É falacioso "culpar" apenas o professor como o elo falho nesta cadeia de promoção/seleção que é a escola média. Nas condições em que trabalha, tendo os livros-texto como "o guia" de suas aulas, na melhor das hipóteses consegue reproduzir (ou estimular a leitura de) tais textos para seus alunos.

Tem faltado um esforço educacional crítico que aponte alternativas práticas factíveis que superem algumas das limitações conceituais/pedagógicas em cada disciplina e em cada tópico. Óptica não é exceção.

Certamente tal esforço não esgota a série de problemas do ensino público e do ensino em geral no Brasil mas é parte essencial da solução.

Admitimos que, para quem não tem familiaridade com os textos a que nos referimos, possa parecer exagerado nosso julgamento. Por isso o ANEXO I mostra a totalidade das páginas de todos estes textos mais adotados, dedicados à natureza da luz (uma meia dúzia de páginas). Não se tratam, necessariamente de informações errôneas, mas, em geral, de afirmações perfunctórias, desacopladas daquilo que se pretende "avaliar" e relativamente às quais as "fórmulas" são autônomas. Não há, nem nestas poucas páginas que arrolamos naquele anexo, uma efetiva discussão da natureza da luz e esta "natureza" consta então como "apêndice" ou "decoração" cultural do texto.



Encontram-se também , mesmo numa pequena amostragem, exemplos de conteúdo ultrapassado e de eventuais equívocos:

"Segundo a teoria de Helmholtz, a retina dos nossos olhos possui um nervo sensível à luz vermelha, outro à luz verde e um terceiro sensível à luz azul.

Quando vemos um corpo de cor vermelha, estamos recebendo luz vermelha, a qual excita o nervo correspondente. O mesmo ocorre quando vemos um corpo de cor verde ou azul. A visão das outras cores é consequência da superposição destas três cores, denominadas cores fundamentais...".(17)

Tais problemas seriam eventualmente contornados por um professor capaz. No entanto, os livros didáticos terminam por constituir por si só um grande problema para o ensino da óptica e não só dela, principalmente em função da pouca competência e das condições de trabalho precárias do professor .

Tanto quanto o trabalho do professor não é avaliado (particularmente na escola pública), ainda menos são os textos questionados em sua qualidade e adequação: são escolhidos pela "facilidade", pela pragmaticidade e pelo preço.

A óptica "oficial" apesar de anacrônica", entretanto, é compatível com aquela requerida no treino da resolução dos exercícios que caem nos exames vestibulares, como se pode verificar nas questões que mostramos no ANEXO II desta dissertação; a compreensão de seu significado prático e de sua universalidade são remetidas para o curso superior. O mais questionável desse oficialismo é o fato de dar um tratamento puramente abstrato aos fenômenos luminosos, com a fenomenologia prática restrita às considerações gerais da apresentação do texto, nas intenções dos autores e às vezes nos exemplos listados após o tratamento formal. Isto não é uma situação particular desse grau de ensino e se torna mais grave à medida que constatamos que esta abstração e fragmentação é a mesma dos textos de óptica para o primeiro, e terceiro graus.

A última e única "justificativa" que se poderia dar a um curso de Óptica desta natureza, seria seu caráter propedêutico, ou seja, que preparasse para algo que iria ocorrer no curso superior. Mesmo esta explicação é insustentável porque, ainda que a totalidade dos alunos chegasse às Universidades: (o que não é verdade), uns poucos por cento destes tornariam a ver algo relacionado com óptica.

O buraco parece estar mais embaixo:

- 1 - constatamos que os cursos de óptica para o segundo grau apresentam apenas a óptica geométrica ;

2 - na maioria das escolas públicas são utilizadas as versões "simplificadas", (denominadas séries compactas) dos textos de Física, onde desaparece o pouco que havia de conceitual nos textos originais, resultando em "formulário".

3 - a óptica raramente é ensinada na escola pública, principalmente como decorrência do reduzido número de aulas da disciplina de Física, mas também porque os professores (que também não viram o conteúdo no segundo grau nem o aprenderam na "faculdade") não lhe atribuem importância ou significado.

Se consideramos que os objetivos citados inicialmente sejam atingíveis em três anos de ensino de Física, temos que admitir também que o conteúdo dessa disciplina na escola média carece de reformulação, não apenas em óptica, mas na sua totalidade, e essa necessidade se reforça, ao concordarmos com as razões apontadas por R.P.Feynmann (18) para o ensino de Física:

"1- A primeira razão é por ser a Física uma ciência básica e como tal é usada na Engenharia, Química, Biologia e em todas as espécies de aplicação tecnológica. A Física é a ciência que nos diz como as coisas funcionam (referindo-se aos vários tipos de coisas inventadas pelo homem).

2- A segunda razão para se ensinar Física, ou qualquer ciência experimental, é que ela indiretamente ensina como fazer as coisas com as mãos; ela ensina muitas técnicas para manipular as coisas, como as técnicas de medida e de cálculo, por exemplo, as quais têm aplicações muito mais amplas que aquele campo particular de estudo.

3- Outra maior razão para se ensinar Física é pela própria ciência. A ciência é uma atividade humana; para muitos homens ela é uma atividade de prazer e, portanto, ela deve ser oferecida para as pessoas que possam e desejam fazer-se cientistas.

4- Outra razão é pelo estudo e compreensão da natureza, para apreciar sua beleza, propiciando um sentimento de estabilidade e realidade em relação ao mundo circundante, ajudando a superar muitos tipos de temores e superstições.

5- Uma outra razão é para ensinar como as coisas são descobertas, o valor do ato de perguntar, de questionar, o valor das idéias livres, não somente para o desenvolvimento da ciência, mas o valor das idéias livres em todas as direções. A ciência é um exemplo de como algumas coisas conseguem ser desvendadas, outras não, e em que extensão as coisas são conhecidas; como manejar as dúvidas e as incertezas, como entender as regras sobre as evidências, como pensar sobre as coisas para fazer julgamentos, como distinguir a verdade da fraude e da aparência.

6- Uma última razão é que aprendendo-se ciência aprende-se a lidar com tentativas e erros, a desenvolver um espírito de invenção e de averiguação livre, o qual é de enorme valor mesmo para outros campos além da ciência. Aprende-se a fazer-se a si mesmo a pergunta: há algum modo melhor para se fazer isto?"

Portanto, a menos que se negue tudo isto, e se conceba a ciência como um amontoado de fórmulas e definições, e sua "utilidade" como a resolução de exercícios que tratam de uma natureza idealizada, seu ensino deve ser repensado, radicalmente repensado.

A questão que se coloca, entre outras, é onde e como o professor real (que prepara seus cursos pelo livro do aluno) poderia se preparar para compreender a Física do mundo moderno e nesse particular a Óptica, para poder associá-la à Óptica "da escola". Como, em suma, o professor poderia melhorar sua prática didático-pedagógica de um tema que conhece mal e ensina pouco, de modo a atingir os objetivos propostos pela comissão de ensino da SBF e aceitar algumas das razões apontadas por R.P.Feynmann.

## II.1. NOVOS PRESSUPOSTOS E NOVAS PROPOSTAS PARA O ENSINO DE FÍSICA E NESTE, O DA ÓPTICA .

Modificar o atual quadro da educação brasileira não é tarefa que possa ser atribuível a setores isolados da sociedade, pois como aponta B.FREITAG (19), ele é decorrente das inter-relações sociais, políticas, econômicas e culturais, que incidem nas relações pedagógicas. Reorientar tal configuração requer o engajamento da sociedade como um todo; não se trata de proposições de mais leis, visto que desde o Império estas têm sido propostas e ignoradas, pelos próprios legisladores; trata-se de um esforço social e político, acompanhado de um trabalho conceitual do educador. Neste último situamos esta dissertação.

Qualquer que seja o caminho escolhido para a superação da miséria cultural de nossa escola, entretanto, deve-se pressupor, de início, a revalorização da profissão de professor (o que inclui a revisão da política salarial), de modo a torná-la atrativa, ao mesmo tempo em que se promova a (re)capacitação dos atuais professores e se propicie uma melhor formação dos futuros professores. Estas medidas devem ser tomadas de forma simultânea e articulada, ou perderão sua eficácia e seu sentido.

O atual magistério das escolas públicas está longe de atender às exigências mínimas para o exercício dessa função e, sabidamente, os candidatos aos cursos de licenciatura são em geral os menos preparados. Isto compõe um quadro de "seleção negativa" na formação do professor.

A Universidade, responsável por tal formação, não pode se furtar à tarefa de repensar o ensino também dos níveis médio e elementar, no que diz respeito às suas estruturas, à definição de seus currículos, o acesso ao terceiro grau; ao fazer isto deve por em questão até mesmo a cumplicidade passiva com a perversidade das vagas ociosas nos seus cursos de licenciatura, num país onde grande parte da população é analfabeta, e onde o custo do ensino de bom nível se equipara ao de mercadoria de luxo.

Noutras palavras, a Universidade precisa rever seus pressupostos para lidar com os segmentos populares com os quais ela "não tem a ver", ou seja, com os estudantes da escola pública (que não chegam a ela) e os professores da escola pública (que não se formam nela, mas sim nas "faculdades").

Ao mesmo tempo em que deve rever setorialmente seu processo seletivo para dar conta de sua função social, deve a Universidade se dedicar à análise e a proposições que reformulem a escola básica e intermediária a partir das condições que ela tem hoje. Deve fazer isto não só no esforço "propedêutico" de formar o futuro estudante universitário, mas com mais generosa postura de formar o cidadão, universitário ou não.

Os desvios pedagógicos praticados em nossas escolas, e que não são específicos do segundo grau e tampouco próprios da Física ou da Óptica, que localizamos como o resultado natural das condições precárias em que se dá a educação seletiva e excludente da escola brasileira, são certamente fatores impeditivos à educação geral e profissional dos cidadãos. Em seus bancos, antes de se processar o aprendizado sobre o mundo real, ou a educação do futuro cidadão, como aponta R. Alves (20), reforça-se a prática autoritária da sociedade através da prática autoritária do professor, do planejamento à avaliação.

Nessa reflexão do ensino de Física, concordamos com D. Saviani (21) no sentido de que a mudança dessa prática deve compreender a revisão do conteúdo:

"Os conteúdos são fundamentais e, sem conteúdos relevantes, conteúdos significativos, a aprendizagem deixa de existir, ela se transforma numa farsa. Parece-me, pois, fundamental que se entenda isso e que, no interior da escola, nós atuemos segundo essa máxima: a prioridade de conteúdos, que é a única forma de lutar contra a farsa do ensino."

Do mesmo modo, compreendemos que na abordagem de um "conteúdo significativo" não se deve ignorar a compreensão que os estudantes possuem a respeito dele, suas idéias, seus modelos... Isto pressupõe a participação dos estudantes em seu processo educacional, e para que isso aconteça, como recomenda J.S. Bruner (22) deve prevalecer o diálogo, caso contrário, estaremos discursando aulas e transferindo a atividade intelectual para os ouvidos (ou para as mãos...), quando sabidamente esta envolve principalmente o cérebro; nesta reorganização não podemos nos afastar das recomendações de P. Freire (23):

"Trabalhamos sobre o educando, não trabalhamos com ele. Impomos-lhe uma ordem a que ele não adere, mas se acomoda. Não lhe propiciamos meios para pensar autêntico, porque recebendo as fórmulas que lhe damos, simplesmente as guarda. Não as incorpora porque a incorporação é o resultado da busca de algo que exige, de quem o tenta, esforço de recriação e de procura. Exige reinvenção."



O caráter formal arbitrário e a precariedade conceitual dos cursos de Física, entretanto, não têm sido ignorados por educadores, tampouco pelas instituições; seus resultados infrutíferos vêm sendo sistematicamente denunciados nos encontros entre professores dessa disciplina, nos congressos, seminários e simpósios promovidos não só por sociedades científicas mas até pelo próprio governo, através de suas Secretarias de Educação.

Muitos também têm sido os resultados dessa denúncia e têm contribuído para minimizar o massacre a que os estudantes de Física são submetidos nos cursos de segundo grau, ora através de cursos de reciclagem para os professores ora pela produção de materiais experimentais ou textos subsidiários. Entretanto, esses esforços não têm produzido efeitos suficientes por duas razões que julgamos essenciais:

- constituem-se tratamentos tópicos de uma questão mais ampla e,
- não tocam o que a nosso ver se constitui o cerne da questão: o que se ensina e o como se ensina.

Estas razões foram expostas na apresentação da PROPOSTA GREF (24) onde argumentamos que ao se relegar os aspectos práticos e concretos, que deveriam ser os temas iniciais em cada tópico e a partir dos quais se embasaria o aprendizado abstrato, a Física ensinada nas escolas de primeiro e segundo graus termina por se constituir uma caricatura da Física acadêmica; a priorização dos aspectos matemático-formais provoca esta lacuna formativa que como também constatamos, compromete qualquer formação, e com certeza vem dando grande contribuição ao processo de seleção/exclusão promovido pelo sistema escolar como um todo.

Tais ponderações somam-se à nossa convicção de que a Física deve ser apreendida como um instrumento de interpretação do mundo real, ao mesmo tempo que seu estudo em um curso de segundo grau deva ser também um embasamento para o futuro universitário continuá-lo em um nível mais avançado de abstração, em outras palavras:

"- o aprendizado dessa ciência deve ser vinculado a uma compreensão de situações reais, tanto do cotidiano do cidadão como do cotidiano do sistema produtivo;

- os estudantes que se encaminhem a carreiras para as quais a Física tenha um papel central ou instrumental possam iniciar sua formação específica já sabendo relacionar esta ciência com sua capacidade de intervenção no mundo produtivo e sócio-cultural, sem prejuízo do necessário aprendizado de leis gerais a nível mais abstrato;

- mais do que uma contribuição para sua cultura geral, os estudantes para cuja carreira ou futura atividade a Física tenha um papel secundário ou marginal (que eventualmente podem constituir a maioria), tenham acesso nos cursos de Física a um conhecimento prático-teórico que promova sua emancipação num mundo cambiante e crescentemente tecnológico que tende a envolver o cidadão como consumidor/expectador passivo." (25)

Em nosso entendimento, estas metas constituem-se utopias nos cursos de Física da escola pública média, pois como expusemos anteriormente, se a formação acadêmica do professor não lhe permite compreender o conteúdo tradicional que tenta ensinar, menos ainda lhe permite articular esse conteúdo com as situações reais ou identificá-lo na tecnologia presente do mundo em que vive, e nesse aspecto os atuais livros didáticos como também já exemplificamos, não podem oferecer-lhe nenhuma contribuição.

Esta compreensão foi responsável pela reunião de um grupo de professores de segundo e terceiro graus (viabilizada pelo apoio conjunto da Universidade de São Paulo, Secretaria da Educação e CAPES/PADCT), que se dedicaram sistematicamente nos últimos seis anos ao processo de re-concepção do ensino de Física no segundo grau.

Nesse trabalho, o GREF - Grupo de Reelaboração do Ensino de Física (Anexo III) optou pela manutenção da nomenclatura com que os conteúdos são usualmente tratados: Mecânica, Física Térmica, Óptica e Eletromagnetismo, mantendo a seqüência convencional da maioria dos cursos, por julgar que isto além de facilitar ao professor situar-se na abordagem proposta, não se constituiria um problema para o estudo da Física, o que não significa, entretanto, que dentro de cada assunto não deveriam ocorrer mudanças de ordenação e de conteúdo, como se pode constatar através da proposta GREF para o ensino da Óptica no segundo grau, que descreveremos adiante.

Na formulação atual, o conteúdo reelaborado pelo grupo é apresentado na forma de textos identificados pelos temas: Mecânica, Física Térmica/Óptica, Eletromagnetismo:

"Vol. 1 - Mecânica. Partindo da análise do movimento e do equilíbrio de objetos e sistemas reais e cotidianos como veículos ou ferramentas, formulam-se os princípios de conservação e leis de variação que são válidas em todos os demais campos da Física.

Vol. 2 - a: Física Térmica. Estudando sistemas como medidores, motores ou refrigeradores, chega-se a leis termodinâmicas de alcance geral, e se desenvolvem as primeiras imagens teóricas da matéria infinitesimal.

b: Óptica e Física atômica. O "modelo de Bohr" para os átomos é proposto para explicar a emissão da luz visível e outras radiações eletromagnéticas. A análise do olho humano ou de aparelhos como a máquina fotográfica permitem estabelecer as leis de propagação, transmissão e reflexão da luz em meios materiais.

Vol. 3- Eletromagnetismo. A partir de sistemas resistivos como aquecedores e filamentos e, em seguida, do estudo de sistemas motores e comunicadores, como o rádio, se estabelece uma compreensão geral da natureza e da transmissão da eletricidade e de sua transformação em outras formas de energia." (26)

É conveniente ressaltar que a opção pela elaboração deste material na forma de livros-texto é decorrência da carência de materiais editados que abordem o conteúdo global de cada tema, como pudemos constatar através de correspondências com professores da rede pública do Estado de São Paulo, que apontaram também a falta de tempo para que pudessem pesquisar os materiais existentes para o preparo de suas aulas.

Em cada um dos temas desenvolvidos, buscamos conteúdos que permitissem a compreensão de situações reais (relacionadas não só ao mundo "natural", mas também àquele "produzido" pela ação do homem), que pudessem levar ao aprendizado dos conceitos e leis gerais, em seu formalismo e abstração.

A escolha desses conteúdos, a nosso ver, justifica-se por atribuirmos à escola a função de formar o estudante para a cidadania, e esta se potencializa no mundo real, cotidiano, onde, como aponta A.Heller(27), "se colocam em funcionamento todos os seus sentidos, todas as suas capacidades intelectuais, suas habilidades manipulativas, seus sentimentos, paixões, idéias, ideologias".

Além disso, julgamos que a Física seja um instrumento conceitual e teórico necessário à compreensão da natureza (cada dia mais transformada pela ação do homem), e que este instrumento deva ser sintetizado em seu formalismo matemático, linguagem simbólica, apenas a partir de sua compreensão num plano concreto. Por isso buscamos as "coisas" que articulam em sua gênese, o trabalho intelectual (teórico-universalista) e o trabalho prático (transformador).

No estudo da Óptica, ao delimitarmos sua abrangência, consideramos que o Universo de investigação é a luz e os processos luminosos decorrentes das interações entre esta e a matéria, e admitimos que das coisas com que convivemos, é praticamente impossível nomear alguma que não possa de alguma forma a ela ser relacionada; que desde cedo aprendemos a nos relacionar com os processos decorrentes de interações entre a luz e a matéria, incorporados ao nosso dia-a-dia e sobre os quais desenvolvemos idéias lógicas, místicas ou mágicas.

Por isto preconizamos que um curso de Óptica deva contemplar estas considerações, não apenas para mostrar que a Física dá conta das explicações das coisas da natureza, apontando os fatos que conhecemos ao iniciar ou concluir algum assunto, mas principalmente pautar o desenvolvimento desse estudo em um conhecimento prévio que seja comum (embora este nem sempre concordante com o científico).

Os educadores, há algum tempo, despertaram para a consciência de uma conceituação prévia que o estudante traz consigo. Isto é fundamental. No entanto, fizeram-no em geral voltados para a superação da "espontaneidade" da conceituação "primitiva" ou "intuitiva" do senso comum do estudante, que constitui entrave à conceituação científica, superior àquela. Há um grande acervo de estudos psico-pedagógicos nessa direção, especialmente em Física, do qual arrolamos alguns exemplos na bibliografia D.M.WATTS (28); Y.HOSOUME (29); E.A.TERRAZAN (30); A.VILLANI (31); E.BAROLLI (32); M.C.MARIANI (33).

Nosso esforço, sem ignorar este importante acervo, vai numa direção algo distinta: tratamos de buscar temas de vivência comum para sobre eles entretermos um diálogo científico-pedagógico. Queremos nos distanciar do quadro de referências formalistas (formulistas) que já denunciemos. O vivencial ("cotidiano") vem carregado de conceituações prévias, é óbvio, e para lidar com elas nos é útil o conhecimento do tratamento hoje genericamente denominado de "construtivista", de origem Piagetiana. Não retornaremos com frequência a estas referências, contudo, pois ao pretendermos trabalhar com novos conteúdos e novas seqüências, teríamos que fazer toda uma outra dissertação se quiséssemos dar conta disto tudo à luz daquela abordagem. Nalgum ponto, revelaremos nossa compatibilidade com ela, sem pretender qualquer completude, pois escapa ao nosso presente objetivo.

Ao ignorarmos a bagagem de conhecimento dos estudantes, por preconceito ou incapacidade de lidar com ela, muito pouco podemos esperar em relação ao aprendizado dos conceitos formais. Particularmente na Óptica, o tratamento meramente abstrato sequer permite a elaboração consistente da geometrização da luz, como constatou J.Pacca (34) que ao analisar as resoluções apresentadas pelos candidatos ao vestibular, concluiu:

"...o tipo de conhecimento revelado em óptica geométrica foi também surpreendente: nenhuma solução, nas 2467 provas analisadas, foi dada através do método geométrico, mais concreto e ligado à realidade. A óptica geométrica deixou de ser "geométrica" para os estudantes que terminaram o segundo grau".

Esta conclusão é consubstanciada pela pesquisa de S.K.Teixeira (31) que aborda as concepções espontâneas acerca dos fenômenos relativos à luz em alunos de 11-18 anos:

"notamos a inadequação de se iniciar o ensino da óptica por construções geométricas com o objetivo de explicar a reflexão difusa da luz, a formação de sombras ou de imagens em espelhos e lentes, pois os preconceitos que os alunos trazem para a sala de aula, na maioria das vezes, conflitam com esse tipo de formulação".



Embora tivéssemos sido motivados por outras convicções na busca de novos temas, seqüências e abordagens, o estudo da luz na proposta elaborada pelo GREF não se contrapõe a esta orientação, e uma das razões que podem justificar esse fato, é a base empírica em que se assenta nosso trabalho; ele resulta de tentativas que efetuamos a partir de nossas experiências em sala de aula, antes e durante sua elaboração .

Em nossa proposta de Óptica, o estudo da luz é iniciado por um levantamento efetuado em sala de aula pelos estudantes junto com o professor, em que se procura identificar entre os elementos vivenciais e/ou do cotidiano das pessoas, aqueles relacionados à luz, à visão e às cores, como exemplifica o QUADRO 12:

## QUADRO 12

-----

FOGO; FONTE LASER; LÂMPADA INCANDESCENTE; LUA; LUNETAS;  
 LÂMPADA FLUORESCENTE; LÂMPADA DE NEON; FIBRA ÓPTICA;  
 PROJETOR DE FILMES E SLIDES; CHAMA DE VELA; MIRAGENS;  
 OLHO; CÉLULA FOTOELÉTRICA; "FLASH"; SOL; ESTRELA;  
 LÍQUIDO TRANSPARENTE; VIDRO; PLANTAS (FOTOSSÍNTESE);  
 CHAMA DO FOGÃO; ARCO-ÍRIS; ATMOSFERA; FAROL; LUPA;  
 LÂMPADA INFRAVERMELHO; LÂMPADA ULTRAVIOLETA; TELA DE TV;  
 FOTOGRAFIA; TELA DE CINEMA; FILTRO DE LUZ; TELESCÓPIO;  
 MICROSCÓPIO; LENTE; LANTERNA; CÔR DOS OBJETOS; BINÓCULOS;  
 MÁQUINA FOTOGRÁFICA; FILME FOTOGRÁFICO; ESPELHO; ÓCULOS;  
 INTERRUPTOR E/OU TOMADA DE MATERIAL FOSFORESCENTE..

-----

-Fonte: Óptica - GREF- abertura do curso

Embora os itens do levantamento que exemplificamos, (presente no texto que elaboramos) tenham sido escolhidos pelo grupo de professores elaboradores para garantir a identificação da totalidade do conteúdo desenvolvido, eles representam uma síntese do que os estudantes nos relacionaram ao serem questionados sobre o tema.

Ressaltamos, por isso, que se trata de um exemplo obtido com uma clientela essencialmente urbana, porém, sua modificação não é fator impeditivo ao desenvolvimento de um curso de Óptica com base em elementos e fatos "concretos", particularmente por ser o professor um participante desse levantamento.

Este procedimento inicial tem por objetivo estabelecer as bases de um diálogo que acreditamos deva permear o processo de ensino/aprendizagem, construído a partir de um saber empírico comum, e do qual apenas o professor conhece a linguagem e a interpretação formal da ciência.

Nesta proposição, situamos nossa referência em P. Freire (36), pois na ausência do diálogo, se instala o discurso unilateral por parte do professor, e como aponta este educador, como aprender a discutir e a debater com uma educação que se impõe?

Se, contudo, em P. Freire situamos o diálogo como um componente implícito da dimensão política de uma educação emancipadora, J.S. Bruner (37) lhe reconhece o alcance na área cognitiva, ao apontar que assimila-se mais rapidamente uma cultura quando isto se faz através do diálogo com um membro mais experiente da mesma.

Justificamos ainda nossa opção pelo "cotidiano", por nossa convicção de que o "saber da escola" não deva ser alienado em relação ao "saber da vida", mas sim, que o primeiro deva completar e aperfeiçoar o último; atribuindo significado ao saber da escola, acreditamos que este possa se incorporar à vida do cidadão, e não tornar-se um seu apêndice, como tem acontecido, e cujo resultado tão bem conhecemos. A esse respeito citamos o questionamento de G. Snyders (38):

"A vulgarização da técnica, nobre tarefa escolar

Isso aparece como uma das lacunas mais graves da escola atual que não responde ao desejo tão difundido entre os jovens de compreender o funcionamento dos objetos técnicos; pelo que a matemática unindo-se à física; participariam facilmente da alegria cultural. Para todas as classes do primeiro grau até o fim do segundo grau, encontramos muito para dizer das coisas válidas, embora evidentemente aproximativas, adaptadas a cada idade, em história, por exemplo. Por que não sobre o funcionamento da televisão ou do motor a explosão?"

Acreditamos que as "coisas da luz", partes que são da vida do ser humano, possam e devam ser desveladas, em todos os seus aspectos, já em um curso de segundo grau, mesmo que não se possa (e não se justifique nesta fase de escolarização) fazer uso do complexo instrumental matemático, fundamental à análise teórica da luz. É "natural", em um país de contrastes como o nosso, onde a tecnologia avançada coexiste com bolsões de miséria, que um estudante consiga atingir o segundo grau e não tenha acesso aos princípios da Óptica Física que lhe permitam compreender o funcionamento da tecnologia que consome passivamente. É "natural", mas inaceitável!

Nesse aspecto, a fase inicial do curso que propomos se constitui um assentar de bases (não um "aquecimento"), a partir do que se torna possível investigar o "tipo de comportamento" que cada item levantado apresenta em relação à luz, apontando não só os processos luminosos, mas também as diferentes propriedades dos materiais e substâncias. Como muitos destes têm comportamento comum (em relação à luz) é possível agrupá-los em função desta semelhança, o que gera uma classificação que aponta os processos desenvolvidos ao longo do curso. Seu panorama vai, assim, se delineando desde o início, como ilustra o QUADRO 13:

#### QUADRO 13

=====

PRODUTORES OU FONTES (TRANSFORMAM OUTRAS FORMAS  
DE ENERGIA EM ENERGIA LUMINOSA)

-----

"flash"	lâmpadas
chama de vela	sol
fonte laser	interruptor ou tomada de material fluorescente

=====

REFLETORES (DEVOLVEM LUZ)

-----

espelho	lua
superfície lisa	fibra óptica
tela de cinema	objetos, roupas e paredes coloridas

=====

REFRATORES (DEIXAM PASSAR A LUZ)

-----

lupa	óculos
lente	atmosfera
vidro transparente	líquido transparente

=====

ABSORVEDORES (TRANSFORMAM ENERGIA LUMINOSA EM OU-  
TRAS FORMAS DE ENERGIA)

-----

filtro de luz	atmosfera
célula fotoelétrica	filme fotográfico
plantas (fotossíntese)	objetos, roupas e paredes

escuras



Fonte: Óptica Gref.

É compreensível que esta classificação inicial não seja completa, no sentido de não apresentar de início o conteúdo global do curso, pois os processos luminosos não são todos igualmente notórios. Isto deve ser ressaltado pelo professor, que deve completá-la ao apresentar o panorama geral que relaciona as coisas a serem analisadas ao conteúdo correspondente, como ilustra o QUADRO 14:

QUADRO 14

coisas a serem analisadas	conteúdos correspondente
Iluminação do objeto a ser fotografado.	reflexão difusa
Sol "flash" lâmpadas e velas lente da máquina fotográfica, lupa, projetores de filmes e "slides", óculos, microscópios, lunetas, atmosfera.	produção de luz refração da luz lentes divergentes e convergentes, meios transparentes e translúcidos.
espelho como obturador da máquina fotográfica, espelho retrovisor, farol de carro, panela de alumínio.	reflexão de luz (regular e difusa), espelhos: plano, esférico total da luz.
prisma na máquina fotográfica, binóculos, anéis de diamante, fibras ópticas, miragens.	reflexão total da luz.
fotografia colorida, cor dos objetos, filtros	absorção da luz.



para fotografia,  
filme fotográfico,  
célula fotossintetizadora,  
câmara de TV, máquina  
fotocopiadora, célula  
fotoelétrica.

diafragma da máquina  
fotográfica, lente  
dos instrumentos ópticos.

difração da luz.

-----  
Uma visão microscópica de matéria e de luz que permita  
interpretar os processos ópticos através da interação luz-  
matéria.  
-----

olho humano

formação de imagem  
na retina.

óculos

defeitos da visão  
(miopia, hipermetropia  
e astigmatismo).

lupa, microscópio,  
retro-projetor, projetores  
de "slides", lunetas,  
telescópios, binóculos.

ampliação do "alcance"  
da visão, construção  
de imagens nas lentes,  
equação das lentes.

lanternas, faróis de  
carros, holofotes.

construção de imagens  
nos espelhos, equação  
dos espelhos.

-----  
Fonte: óptica Gref.

Este procedimento é recomendado a partir de nossa convicção de que o estudante possa e deva ter uma idéia do conteúdo a que irá dedicar seu esforço, e de que maneira as várias etapas desse estudo são articuladas. Do mesmo modo, a relação entre as "coisas" listadas no levantamento inicial e o conteúdo formal a ser desenvolvido aponta nossa convicção de que o aprendizado das coisas da Física deva completar e ampliar o conhecimento que o indivíduo tem a respeito das coisas de seu mundo, no sentido que aponta G.Snyders (39): "Na verdade há muito progresso porque o novo não suscita o desmoronamento do antigo, mas bem ao contrário sua extensão, seu desenvolvimento, sua generalização."

Na seqüência que propomos, o estudo de processos como a produção, reflexão, refração e absorção da luz, bem como a introdução de outros menos "perceptíveis" como a difração, interferência e polarização que não aparecem na primeira classificação, é encaminhada em um primeiro momento, através de uma abordagem fenomenológica, qualitativa, onde se busca interpretar esses processos em seu aspecto macroscópico.

Para isso optamos pela utilização da máquina fotográfica como tema, pois julgamos que tanto a investigação de sua estrutura, como das condições de iluminação para se fotografar, o registro das cenas nos filmes e a nitidez numa fotografia, no conjunto permitem com simplicidade e "concreteza" interpretar os processos luminosos em seu aspecto

qualitativo, sistematizando as observações macroscópicas.

Não se trata, entretanto, de utilizar-se exclusivamente as "coisas" da fotografia, caso contrário o levantamento inicial se constituiria um adereço.

Nesse sentido, o que se propõe é que em cada processo investigado, se retome os itens semelhantes identificados inicialmente. Ao se discutir as condições de iluminação do objeto a ser fotografado, por exemplo, investiga-se a produção de luz através de suas diferentes fontes: o sol, lâmpadas flash, fluorescente, incandescente e as velas, e a luz é interpretada como uma forma de energia resultante da transformação de outra, associada à produção de calor e relacionada às cores.

Seguindo o "caminho da luz", do objeto para o filme, investiga-se sua propagação, e os desvios resultantes de sua interação com a lente da máquina ou com o ar são associados especialmente à refração, enquanto aqueles provenientes de seu encontro com os espelhos, tanto na máquina, como nos faróis de carro e nos holofotes são associados especialmente à reflexão.

Ao investigar a cor das coisas e seu registro num filme, discute-se a absorção de luz tanto pelos filmes como pelos filtros, mas aborda-se também as células fotoelétricas, a fotossíntese, a câmara de T.V. e as máquinas fotocopadoras, o que permite estabelecer uma relação entre fenôme

nos luminosos e elétricos.

A difração da luz é interpretada, avaliando-se a nitidez numa fotografia, e a partir da relação estabelecida entre os fenômenos luminosos e elétricos na discussão da célula fotoelétrica e nos filmes, procura-se compreender outros sistemas que nos possibilitam uma visão mais abrangente das coisas com as quais convivemos: a fotocopiadora e a câmara de T.V.

Este encaminhamento é proposto, não para tratar de simplificar ou facilitar a aprendizagem, mas sim para viabilizar a educação do homem contemporâneo, através da descodificação de seu mundo, e partindo do princípio que o saber sistematizado pelas gerações precedentes encontra-se incorporado nas coisas com que convivemos no presente, embora geralmente oculto ao leigo, e sobre as quais os estudantes possuem alguma forma de conhecimento.

Na concepção de G.Snyders (40), trataria de se desenvolver o aprendizado através de um processo de continuidade - ruptura, onde a sistematização do saber elaborado se daria em continuidade a um conhecimento prévio, empírico, cuja superação se daria através de rupturas.

Nosso curso avança com a busca de uma interpretação microscópica para os processos luminosos que foram anteriormente investigados em seu aspecto macroscópico, num tratamento conceitual-formal possível a um estudante de segundo

grau, o que contempla uma abordagem inicial da estrutura da matéria e sua interpretação semi-clássica, que julgamos necessária em um curso de óptica, primeiro porque os fenômenos luminosos só são perceptíveis em função das interações luz-matéria e segundo, porque permite que tanto os estudantes que tenham nesse grau de ensino a fase terminal de sua escolarização como aqueles cuja formação posterior não contempla um estudo mais avançado de Física, tenham nesta ciência um instrumento de interpretação do mundo e não apenas de resolução de exercícios "de classe".

Com esta intenção, e ressaltando que os modelos são representações das coisas, não as coisas, e que as teorias são construções intelectuais cuja elaboração depende não só de dados experimentais, mas também de imaginação espacial e domínio matemático e intuição sobre a natureza, apresentamos os modelos corpuscular e ondulatório para a luz, e o modelo de Bohr para a matéria.

Tomando esses modelos como referenciais, retomamos a interpretação dos processos luminosos, agora em seu aspecto microscópico:

-com modelo corpuscular de luz analisa-se a sua produção e absorção pelos materiais, esclarecendo, com ele, o significado da cor da luz e dos objetos.

-Com o modelo ondulatório analisa-se a refração, reflexão, difração, interferência e polarização da luz.

Nesta etapa, identificamos as características ondulatórias na água e no som, onde esse comportamento é mais evidente, mesmo considerando que estas ondas possuem características muito distintas das ondas luminosas.

Esta opção é feita por ser o curso de óptica tradicionalmente oferecido no 2º ano, e os elementos necessários à discussão da natureza das interações entre ondas luminosas e a matéria envolverem noções de eletromagnetismo, conteúdo tradicional do 3º ano. Dessa maneira, os processos luminosos têm seu caráter ondulatório discutido através do estudo geométrico das "frentes de onda", que tem sua direção de propagação associada à noção de raio de luz.

Ao final desta etapa, procuramos ampliar o espectro das radiações tanto para aquelas que correspondem a altas energias (como os raios-X, gama e ultra-violeta) que ao interagirem com a matéria comportam-se basicamente como partículas, como também para as radiações de baixa energia (como as utilizadas por radares, comunicação por rádio e televisão), que se manifestam mais evidentemente como ondas; discutindo suas aplicações e localizando em sua interface a luz visível., cuja característica é a dualidade, pois se manifesta ora como fenômeno ondulatório, ora corpuscular.

Entre as razões que poderíamos citar para justificar essa abordagem da luz e da estrutura da matéria, encontram-se aqueles objetivos sugeridos pela comissão de ensino

da S.B.F., já citados (12):

"-Tornar os alunos aptos a analisar e compreender o avanço científico da época presente, habilitando-os a julgar o valor da ciência e da técnica na solução dos problemas de seu meio, de modo a capacitá-los a contribuir para o progresso social; ou

-Levar o estudante a compreender os princípios fundamentais da Física, o valor e as limitações dos modelos; ou ainda

-Estimular o interesse dos alunos pelos estudos mais avançados nas áreas profissionais ligadas à Física e capacitá-los a prosseguir os estudos nessas áreas."

Poderíamos também nos apoiar em G.Snyders (41) e sugerir que esta etapa se constituiria numa ruptura necessária à superação do saber apreendido no cotidiano, mas esta opção se deve, prioritariamente à nossa convicção de que esse instrumento de interpretação da natureza deva ser oferecido a estes estudantes que em sua maioria têm no segundo grau a fase final de sua escolarização, não se justificando portanto, sua ocultação.

Para finalizar o estudo da óptica, propomos que seja feita uma investigação dos sistemas ópticos que possibilitam ou facilitam a visão, num primeiro momento, através de uma abordagem fenomenológica.

Assim, iniciamos por analisar o olho humano e o fenômeno da visão, discutindo o processo de formação de imagens, e comparando-os com aquele da máquina fotográfica, investigando também os defeitos de visão e suas correções, a partir do que se analisa os sistemas ópticos elaborados para permitirem a "ampliação" da visão do mundo em que vivemos, pois nos permitem visualizar tanto objetos situados a distâncias muito grandes como também aqueles que possuem dimensões muito pequenas; num e noutro caso indiscrimináveis a olho nú.

Com esta discussão, e utilizando o modelo desenvolvido na parte precedente, encaminha-se o estudo da óptica geométrica, que envolve a construção de imagens a partir dos raios de luz, e sua determinação através das



equações algébricas, deduzidas em função do comportamento desses mesmos raios tanto em relação às lentes, como nos espelhos.

Este retorno à investigação dos sistemas (tanto os naturais como os elaborados pela ação do homem) aponta para a unidade que existe entre o saber adquirido pelo trabalho intelectual e o prático, compreendidos equivocadamente como instâncias autônomas, do mesmo modo que se atribui um "status" superior às coisas e aos homens da ciência.

Compreendemos que na sociedade tecnológica em que vivemos, a evolução da ciência se concretiza cada vez mais rapidamente na produção, alterando significativamente os modos de vida. Na evolução da óptica, distinguem-se nitidamente as diferentes concepções de mundo que se sucederam ao longo da história da humanidade, e as lutas que se empreenderam no sentido de se compreender, dominar e modificar a natureza e as condições de vida. Vemos isto, em direta associação com a história de cada um, como aponta A. Heller (42):

"A vida cotidiana não está "fora da história, mas no "centro" do acontecer histórico,... As grandes ações não cotidianas que são contadas nos livros de história partem da vida cotidiana e a ela retornam. Toda grande façanha histórica concreta torna-se particular e histórica precisamente graças a seu posterior efeito de cotidianidade. O que assimila a cotidianidade de sua época assimila também, com isso, o passado da humanidade, embora tal assimilação possa não ser consciente, mas apenas "em si".

Nesse sentido, nosso texto de Óptica se complementa, com a apresentação em anexo, dos filtros utilizados em fotografias, (contrapondo seu "efeito prático" ao efeito em "Física"), uma abordagem da fonte LASER, e um detalhamento da fisiologia do olho humano, representativos que são desse retorno da ciência à cotidianidade.

Além do conteúdo teórico, sugerimos quatro atividades práticas qualitativas, não como "apêndice" do curso, mas como parte do processo de ensino/aprendizagem, onde nosso objetivo é possibilitar os questionamentos necessários à compreensão da óptica e à percepção de sua inter-relação com os elementos vivenciais e/ou do cotidiano.

Isto não significa que em nossa concepção a pesquisa em Física prescindia da realização de experimentos que permitem testar o poder de previsão das teorias, e que devam fornecer dados precisos; tampouco discordamos que as atividades experimentais de precisão são necessárias à formação de algumas habilidades essenciais a pesquisadores em Física e seriam úteis às outras especialidades. Entretanto, a proposição de atividades experimentais com estes objetivos para os cursos de Física das escolas secundárias da rede pública de ensino, seria ignorar suas condições reais e recomendar "verniz" para resolver questões estruturais. Justificamos nossa intuição com pelo menos duas razões:

-nossas escolas públicas, em sua maioria, não possuem labora

tórios equipados para esse fim; mesmo que tivessem, os professores não saberiam utilizá-lo, em função da precariedade de sua formação e das condições em que trabalham, com excessivo número de alunos e poucas aulas por turma.

-entre os estudantes das escolas de segundo grau, apenas uma minoria se dirige à carreira de pesquisador científico, particularmente aqueles que freqüentam as escolas públicas.

Em nossa concepção de educação e de ensino de Física a nível médio, o mundo em que vivemos se constitui um riquíssimo laboratório, não no sentido de oferecer uma caricatura do trabalho científico, mas por ter incorporado em si, o resultado desse trabalho, suas contradições e expectativas e seu significado social.

Nossa primeira atividade, sugerida no início da investigação da máquina fotográfica no texto, propõe a construção de uma "máquina fotográfica" utilizando caixas de papelão ou latas, discutindo-se os elementos essenciais às câmeras comercializadas, como as condições de uso, o manuseio dos filmes e a fixação das imagens.

Na segunda atividade, proposta ao se discutir a cor da luz e dos objetos, é sugerida a construção de uma "caixa de cores", utilizando-se uma caixa de madeira, lâmpadas e papéis coloridos; também se sugere o uso da "cromatografia em papel", utilizando como pigmentos as tintas de canetas dos estudantes.

A terceira atividade, é sugerida na investigação dos defeitos de visão e utiliza alguns testes de acuidade visual, as lentes dos óculos dos alunos, e as prescrições dessas lentes.

Na última atividade, sugerida quando se investiga os instrumentos ópticos que ampliam a visão, propomos a construção de um projetor de slides rudimentar, e de um caleidoscópio.

Tratam-se sem dúvida, de atividades pouco "científicas", em relação ao laboratório convencional, mas bastante ricas do ponto de vista lúdico e pedagógico, pois esse montar e desmontar permite questionamentos, análises, críticas e tomadas de decisões que a rigidez de uma experiência de pretensa precisão (realizada nas condições reais de nossas escolas) não permitiria. Tais atividades permitem, contudo, compreender os processos que ocorrem nos instrumentos ópticos que, desmistificados, retrabalham o conhecimento "primitivo" do senso comum trazido pelos estudantes.

Embora a ênfase desse curso não seja o treinamento na resolução de problemas, julgamos que estes são necessários para o aprendizado, quer em sua verificação, quer na aplicação do conhecimento ou na sua transferência. Por isso apresentamos uma série de questões e problemas, que foram selecionados procurando-se abordar situações concretas para, a partir delas, aprofundar o conteúdo desenvolvido.

Alguns exercícios, no entanto, foram sugeridos para completar o conteúdo desenvolvido, como aqueles que se referem ao som, por exemplo, que não teve um tratamento adequado por termos priorizado a luz nas discussões sobre ondas. Também nestes, houve a preocupação de abordar preferencialmente as situações concretas e/ou vivenciais.

Isto não significa que preconizamos a extinção dos cálculos numéricos. É óbvio que eles são fundamentais à compreensão conceitual, em sua abstração. Por isso também sugerimos exercícios quantitativos, porém, na medida justa que não forneça ao estudante a idéia de que a Física é a "matemática com enunciado", e sua utilidade, a aplicação mecânica de fórmulas.

Esta proposta que descrevemos na versão atual resultou de outras tentativas que empreendemos com a intenção de diminuir a distância entre a óptica do Físico, e a óptica dos cursos de segundo grau, por isso apresentamos na seqüência desta dissertação, um histórico de Reelaboração da Óptica, no contexto em que ela se deu.

## II.2. O HISTÓRICO DA REELABORAÇÃO

A reelaboração da Óptica só começou cerca de um ano após o início do nosso projeto. No princípio, os professores de segundo grau se estruturaram em três grupos para repensar os conteúdos de Mecânica (Vetores e Estática), Eletricidade e Física Térmica. Embora houvesse uma preocupação em abordar a totalidade dos temas dos cursos de Física de segundo grau, a Óptica foi preterida nesse momento, em parte como decorrência da limitação formativa do grupo, parte da qual não atribuía "significado físico" a este conteúdo, notadamente à sua abordagem no segundo grau, que reduzia a óptica a uma espécie de geometria.

O repensar desse conteúdo se deu, então, a partir da agregação de mais dois professores secundários ao grupo já existente, motivados pela idéia de conceber uma Óptica que se situasse muito próximo aos elementos vivenciais das pessoas. Nesse contexto imaginamos que o olho humano e o comportamento da luz nele incidente nos forneceria o ponto de partida, ao que acrescentaríamos a discussão dos instrumentos ópticos, a análise das propriedades da luz (em princípio através da geometria mas complementando-a com a óptica física), acrescentando um estudo das cores e suas teorias. Estas intenções foram apresentadas aos professores da rede pública no Boletim GREF (43):

"Objetiva-se o desenvolvimento da óptica geométrica partindo-se de informações obtidas da realidade do aluno e com a utilização de

experimentos de fácil preparação.

Um dos caminhos, que pareceu mais viável, é o estudo da óptica geométrica, tomando como ponto de partida os fenômenos relacionados com a visão e seu mecanismo.

Tanto a visão normal quanto os defeitos da visão fornecem informações para o estudo da refração e suas leis como também de modos de correção adequados. Tais informações deverão ser obtidas com a participação dos alunos, explorando o que ocorre com sua própria visão, isto é discutindo-se a visão considerada normal e as diversas formas de correção. Isto é, seus óculos. Desta forma os alunos chegarão às suas próprias conclusões a respeito da visão e seus defeitos, da refração e das lentes (convergente e divergente).

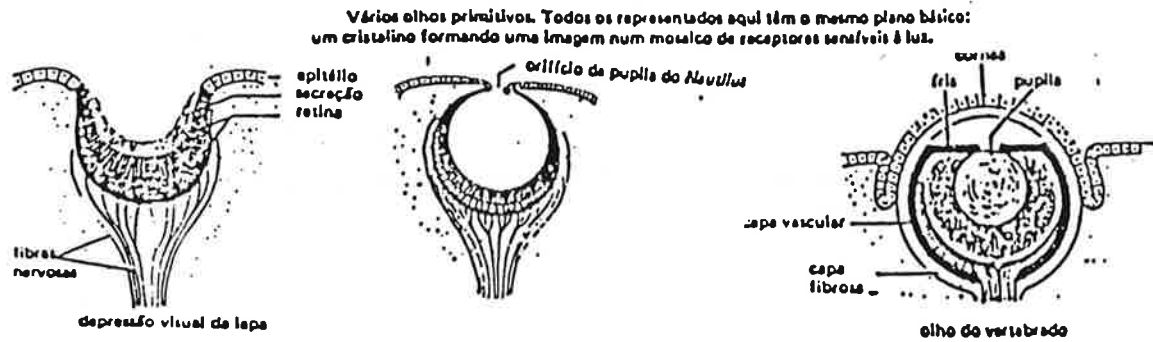
Esses conhecimentos sobre a refração serão aplicados no estudo de outros instrumentos ópticos simples, tais como: binóculo, microscópio, luneta, lupa, telescópio e máquina fotográfica.

Serão também utilizados diferentes meios com o cálculo de seus índices de refração. Neste ponto procura-se dar uma primeira "explicação" do desvio sofrido pela luz ao atravessar meios diferentes, permitindo uma abertura para a óptica Física.

A seguir será desenvolvido o fenômeno da reflexão e suas leis, partindo-se também de experimentos simples. Esse estudo será complementado com a análise de alguns instrumentos simples como: periscópio, caleidoscópio, farol de carro, lanterna e holofote, telescópio de reflexão e Instrumentos de projeção.

Tudo isto será desenvolvido até chegar ao estudo da cor, obtido a partir dos conceitos fundamentais da óptica física, constituindo-se na parte final desta abordagem da óptica"

Nesta primeira etapa elaboramos um pequeno texto que procurava desenvolver os conceitos da óptica a partir do olho e do mecanismo da visão, procurando seguir sua evolução histórica, como ilustram algumas figuras do início desse texto (44):



A análise desse texto pelo grupo apontou algumas de suas características, consideradas inconvenientes: excesso de dados históricos, factuais, desnecessários para o entendimento do conteúdo visado, excesso de informações associadas ao aspecto fisiológico da visão, que dificultavam a identificação da Física envolvida no processo, além de questionamentos que em nossa pretensão objetivavam iniciar um diálogo com o leitor, mas que terminavam por desnortheastá-lo, como se pode constatar nos trechos que destacamos:

"Hoje não questionamos a importância da luz em nossas vidas, porém, a descoberta e o domínio de suas propriedades e características se confunde com a própria história da evolução dos seres vivos. Nesse sentido, a perfeição alcançada pelo órgão essencial à visão demonstra ser esta um dos fatores fundamentais à sobrevivência das espécies. Apesar disso ainda existem aspectos não totalmente esclarecidos onde as teorias se controvertem, principalmente no que se relaciona ao comportamento do cérebro no funcionamento da visão.

Por ser próprio de nossas experiências diárias, pode parecer muito corriqueiro dizer que para vermos precisamos de luz. Isto, porém, nem sempre foi parte do conhecimento comum das pessoas ao longo da história, haja vista Platão (428-348 A.C.), por exemplo que postulava que a visão não ocorria devido à luz que entrava nos olhos, mas sim a partículas emanadas pelos mesmos que se projetavam sobre os objetos. Apenas no século XI de nossa era, através do árabe Alhazen (965-1038), pela primeira vez na história, sugeriu-se a hipótese de imagens, a partir da proposição do que se denominou "câmara



escura". Só por volta de 1568, os efeitos da substituição do orifício desta câmara por uma lente foram descritos por Danielo Barbaro, possibilitando a obtenção de uma imagem melhor definida.

Da concepção do olho como câmara escura fornecendo imagens capazes de impressionar o cérebro, estes puderam ser caracterizados como mecanismos que observavam às leis da Física."

A esta introdução seguia-se uma comparação entre o olho e uma câmara escura que se perdia pela extensão das descrições fisiológicas da constituição dos elementos do olho.

É desnecessário dizer que com tal introdução, mesmo que a Física da visão tivesse sido explorada a contento, pouco nos afastaríamos do livro didático que questionamos, já que iniciamos por apresentar respostas a questões não formuladas.

Estas deficiências do material elaborado nesta etapa, atribuímos à falta de habilidade na tarefa de desenvolver textos, às deficiências de nossa formação acadêmica (fato que já apontamos anteriormente e que motivaram o retorno dos professores desse grupo à Universidade), e também à imatura empolgação com que assumimos esta tarefa.

Além disso, por desconhecermos nessa época as pesquisas a cerca das concepções espontâneas a respeito da luz e dos mecanismos da visão, apressávamo-nos a condenar a concepção de Platão a esse respeito como algo errado ou

equivocado, sem trabalhar pedagogicamente as contradições pois, na realidade, para grande parte dos estudantes, a visão dos objetos é possível quando a luz dos olhos os atingem, como aponta pesquisa apresentada por S.K.Teixeira (45), em seu trabalho de dissertação.

Se pretendíamos resgatar com essas observações as visões de mundo de outras épocas, ao apontarmos estas concepções como erro puro e simples diante do conhecimento atual, estaríamos descartando, de saída, a concepção do aluno, colocando-o à margem de um possível diálogo, e nesse sentido estaríamos considerando o estudante como aponta A. Villani (46), "uma tábula rasa, onde se deve apagar as idéias erradas para preenchê-la com aquelas verdades apontadas pelos livros."

Nesse sentido, devemos admitir que além de necessário tenhamos sido honestos ao assumirmos nossa limitação intelectual e pedagógica para elaborar naquele momento uma abordagem que considerasse a evolução da história da ciência, com a competência e consistência necessárias, e optamos por buscar um tratamento mais "físico" do fenômeno da visão, evitando carregar o curso com informações que não elaboraríamos ou que levariam a estender o curso de óptica por um período incompatível com a realidade (grade horária) da escola pública.

Desta tomada de posição resultou a elaboração do conteúdo da óptica geométrica, apresentado para discussão e

avaliação através de três pequenos textos que abrangiam:

ÓPTICA GEOMÉTRICA I - Propagação da luz e o uso de lentes.

ÓPTICA GEOMÉTRICA II - Instrumentos ópticos

ÓPTICA GEOMÉTRICA III - Espelhos

No primeiro deles, o estudo da óptica é iniciado a partir de uma comparação entre o olho humano e a máquina fotográfica, por considerarmos a importância da visão na vida do ser humano e a popularidade alcançada pela fotografia na sociedade moderna. Tal comparação permitiu apresentar o princípio da propagação retilínea da luz, as relações entre as dimensões do objeto e da imagem associadas às suas posições e também sugeriu o uso de lentes, salientando o fenômeno da refração. O estudo das lentes foi feito pela introdução dos defeitos da visão, cujo detalhamento levou à abordagem da associação de lentes. Usamos a interpretação de algumas "receitas" de óculos para determinar a construção geométrica de imagens e formalizar a equação geral das lentes; para introduzir a equação dos fabricantes de lentes analisamos os parâmetros que interferem no "poder" de refração das lentes.

No segundo texto, a partir do uso de lentes para a correção dos defeitos de visão abordados anteriormente, estendemos sua utilização para situações onde mesmo o olho "normal" não consegue produzir imagens nítidas, como a leitura de letras muito pequenas e a observação de objetos muito afastados, introduzindo a análise dos instrumentos

ópticos. Finalmente, no terceiro texto, tratamos da apresentação do fenômeno da reflexão e do estudo dos espelhos.

Na execução deste plano, à medida que íamos elaborando o conteúdo, sua adequação para o uso em sala de aula era testada por alguns professores do GREF, em algumas turmas do segundo grau da escola pública, o que propiciava uma realimentação imediata para a equipe, permitindo sua melhoria.

A continuidade do desenvolvimento do conteúdo que deveria contemplar a apresentação da Óptica Física, foi comprometida, pois não conseguíamos vislumbrar um caminho "natural"; a cada tentativa de estabelecer uma estrutura para o conteúdo esbarrávamos em dificuldades que não puderam ser superadas de imediato, principalmente em decorrência da deficiência de nossa formação em Física Moderna e da complexidade com que esta é apresentada nos livros de terceiro grau, onde são raras e maltradas as pontes com a "vivência leiga" dos fenômenos Ópticos.

Na avaliação do próprio grupo de reelaboradores, embora o conteúdo da óptica geométrica estivesse relativamente bem estruturado e sem lacunas consideráveis, pecava por ser excessivamente tradicional na abordagem, estando longe de apresentar uma linguagem nova e dialógica. Sua aplicação por professores da rede pública (pouca e precária) também se revelou insatisfatória, seja pelo tempo

destinado ao tema (limitado a algumas aulas do quarto bimestre), seja pela dificuldade de avanço em função dos tropeços encontrados pelos alunos na resolução dos poucos exercícios propostos, embora estes tropeços se referissem ao manuseio da matemática envolvida (regra de três!).

Mesmo que tais textos tivessem sido aplicados em melhores condições, é possível que ao avançar no conteúdo os alunos revelassem dificuldades para compreendê-lo, pois em seu desenvolvimento não consideramos o conhecimento do senso comum que os estudantes (e também os professores) já possuem à respeito da luz e de sua relação com a visão. A esse respeito, S. K. Teixeira (47), nos informa que o mecanismo pelo qual a luz é processada dentro do olho, de forma a possibilitar a visão, é desconhecido pelos estudantes entrevistados por esta autora; para eles, o fato de ver e o fato de chegar luz aos olhos, são ambos eventos "externos ao corpo", mas independentes entre si. Além disso não associam a visão de um objeto com a formação de uma sua imagem na retina do olho.

Apesar das deficiências que apontamos nestes textos de óptica (que em certa medida seriam atribuíveis também aos demais temas), nesse período o GREF já havia estruturado uma série de conteúdos (apresentados para divulgação na forma de pequenos textos) que cobria grande parte do programa tradicional do segundo grau, como ilustra o QUADRO 15, que define um grupo de conteúdo básico e outro

complementar (que constituiria indicações de "corte" caso o tempo de curso não bastasse).

QUADRO 15 PROGRAMAÇÃO DO GREF PARA A FÍSICA DO 2º GRAU

SÉRIE	ETAPA	TEMAS CENTRAIS	CARACTERIZAÇÃO FORMAL	ÁREA
1º ANO	NÚCLEO BÁSICO	Mapas e Guias da Cidade	Vetores de posição, de deslocamento e de velocidade	MECÂNICA
		Balanças de Braço e de Mola	Peso, Massa e Condições de Equilíbrio	
		Empurrões, Colisões e Explosões	Quantidades de Movimento e suas conservações	
		Freadas e Acelerações	Força e Inércia, Impulso, Leis de Newton	
		Trabalho e Energia no Cotidiano	Conceitos de Trabalho e Energia Mecânica	
		Previsão de Movimentos	Cinémática Vetorial elementar	
	COMPLEMENTOS	Hidroestática, Acústica, Gravitação		
2º ANO	NÚCLEO BÁSICO	Instrumentos de Medição e Controle de Temperatura	Termometria	FÍSICA TÉRMICA
		Uso Prático e Industrial do Calor	Calorimetria e Propriedades Térmicas	
		Isolamento Térmico	Propagação do Calor e Condutividade	
		Motores e Refrigeradores	Máquinas Térmicas e Leis da Termodinâmica	
COMPLEMENTOS	A compreensão da Natureza e as Leis da Termodinâmica (Ecologia e Meteorologia). Modos Cinéticos da Física Térmica. Radiação.			
3º ANO	NÚCLEO BÁSICO	O Olho e a Câmara Fotográfica	Conceitos de Propagação e Refração da Luz	ÓPTICA
		Óculos, Lentes e Instrumentos Simples	Leis da Refração e da Reflexão	
		Luz, Cor, Radiação	Óptica Física	
	COMPLEMENTOS	Instrumentos Complexos, Luz e Radiação na Física Moderna		
3º ANO	NÚCLEO BÁSICO	Lâmpadas, Chuveiros e Outros Aparelhos Resistivos.	Circuitos Ôhmicos, relação entre Tensão, Resistência, Corrente e Potência.	ELETROMAGNETISMO
		Voltímetros, Relógio de Luz, outros Instrumentos de Medida	Efeitos Magnéticos da Corrente	
		Dínamos e Geradores.	Indução Eletromagnética	
		Transformadores, Capacitores e Retificadores.	Propriedades Eletromagnéticas da Matéria e Eletrostática	
	COMPLEMENTOS	Motores Elétricos, Rádio e Televisão, Transistores, Circuitos Lógicos		
COMPLEMENTOS	As Forças e Campos na Natureza e sua interrelação. (Gravitação e origem dos Corpos Celestes, Radiação Eletromagnética e Reações Nucleares).		COSMOLOGIA	
COMPLEMENTOS	Noções de Mecânica Quântica e de Relatividade.			

Fonte : Boletim Gref - especial; 6/86

Em função das avaliações efetuadas tanto pelo grupo de reelaboradores como pelos professores que aplicavam o material desenvolvido em sala de aula, a Óptica (e também os demais temas) foi submetida a uma revisão, em que se buscava uma unidade de tratamento dos conteúdos, já a partir de sua apresentação, e que permitisse aproximar a Física do universo de vivência dos alunos, desde o início. De certa maneira, buscávamos montar um quebra-cabeças do qual tínhamos as peças, mas desconhecíamos a figura.

O caminho que nos parecia mais viável seria iniciar cada tema com um levantamento a ser efetuado com a participação de alunos junto com o professor, onde seriam arrolados, em cada tema, as "coisas" que julgavam estar relacionadas com o conteúdo: "mecânica", "física térmica", "óptica" ou "eletricidade", algo como a busca de problematização. A partir desse levantamento se seguiria uma classificação que permitisse agrupar as "coisas" em função de seu comportamento mais relevante. Na óptica, por exemplo, buscaríamos agrupá-los em função das características: produzem luz, permitem ou impedem sua propagação, desviam-na; também incluiríamos um grupo denominado "sistemas e aparelhos" que seria constituído pelas "coisas" naturais ou tecnológicas que apresentam de materiais ou substâncias onde a luz interage ressaltando diversas propriedades que se pretendia abarcar. Tais sistemas seriam tomados como ponto de partida para uma discussão que levasse à necessidade de um estudo mais



cuidadoso, tanto das substâncias e materiais como propriedades Ópticas observadas nesses sistemas, e que permitissem evidenciar, quando necessário, uma distinção no estudo da luz, quanto à sua natureza (Óptica física), ou quanto às suas propriedades geométricas (óptica geométrica).

O trabalho desse período resultou também na elaboração de três textos:

texto 1: As "coisas" da luz

texto 2: Como funciona

texto 3: A constituição da matéria e a radiação eletromagnética

No primeiro deles, através de um exemplo do que se poderia obter como "levantamento inicial" e já interpretando a luz como uma forma de energia (mostrando de que forma é) propúnhamos uma classificação das coisas listadas em função da semelhança de comportamento:

-àqueles que transformam outras formas de energia em energia luminosa, denominamos produtores ou fontes de luz;

-àqueles que "devolvem" parte da energia luminosa neles incidente, denominamos refletores;

-aos que "deixam passar" parte da energia luminosa incidente, denominamos transmissores de luz e

-àqueles que absorvem a energia luminosa e a transformam em outra forma de energia denominamos

absorvedores de luz;

-aos elementos que em sua construção e/ou natureza apresentavam diversas propriedades e substâncias, denominamos "sistemas e aparelhos".

Na seqüência, o farol de automóvel e o olho humano foram tomados como exemplos para uma discussão inicial, fenomenológica, para apontar a necessidade de um estudo mais cuidadoso tanto das substâncias, materiais e propriedades ópticas observadas nesses sistemas, como evidenciar a distinção das características da luz quanto ao seu aspecto geométrico e à sua natureza. Através desses sistemas procurou-se levantar questões que para serem plenamente compreendidas implicavam na necessidade de um avanço no estudo e que permitisse apresentar ao estudante um panorama do que se seguiria:

"Entender as "coisas" que estão relacionadas com a luz implica no entendimento tanto da sua produção como dos processos que ocorrem quando esta incide nas diversas superfícies. Portanto, optamos por introduzir o estudo da luz considerando inicialmente a sua natureza (óptica física) para depois considerar as suas características geométricas (óptica geométrica).

Para dar continuidade ao estudo, no próximo texto, estudaremos de forma mais aprofundada o que chamamos de produtores e refletores, transmissores (refratores) e absorvedores de luz. Conhecendo o funcionamento de algumas "coisas" previamente escolhidas (lâmpadas incandescentes, tubo de imagem da TV, cores das roupas, objetos, etc.), surge a necessidade, para um maior entendimento, de uma discussão não só de alguns modelos de luz mas também de outras propriedades da luz como difração, interferência, etc. e de algumas aplicações tecnológicas nas quais essas propriedades desempenham um papel de grande importância (LASER,

fibra-óptica, raio-X, etc.).

Finalmente estudaremos a luz considerando suas características geométricas, discutindo as "coisas" do cotidiano e os processos envolvidos nas mesmas sob o ponto de vista da óptica geométrica, comparando o olho humano à uma máquina fotográfica."(48)

No segundo texto buscou-se avançar pela discussão de funcionamento das coisas sem a preocupação com o desenvolvimento do aparato matemático pertinente, mas sim, investigando as relações entre luz e matéria, seja na produção (lâmpada incandescente, chamas de vela, tubo de descarga, tubo de imagem), na reflexão (acabamento fosco ou polido), a transmissão e a absorção, e um estudo preliminar das cores: da luz e dos objetos.

No último dos textos, foi apresentado um modelo para a constituição da matéria (semi-clássico), e a luz foi investigada sob o ponto de vista de seu caráter corpuscular e ondulatório, finalizando com um estudo de algumas aplicações tecnológicas desenvolvidas sob a interpretação quântica da luz/matéria, como a fonte LASER, holografia, os aparelhos de raio-X. Na seqüência, seguia a abordagem do aspecto geométrico da luz em suas interações com a matéria, finalizando com a retomada do comportamento geométrico da luz desenvolvido na proposta precedente, ou seja, investigando o comportamento da luz no olho humano.

Esse material cobria a programação de Óptica estabelecida pelo GREF, como ilustra o QUADRO 16 (que

apresenta a totalidade dos temas a serem abordados nos cursos de segundo grau) e se constituiu o "caroço" da formulação atual.

QUADRO 16 PROGRAMAÇÃO DO GREF PARA A FÍSICA DO 2º GRAU

1º ANO	TEMAS CENTRAIS	CARACTERIZAÇÃO FORMAL	MECÂNICA
	Mapas, ferramentas, utensílios e balanças	Vetores, condições de equilíbrio: força e torque, massa e peso	
	Empurrões, colisões e explosões Freadas e acelerações	Quantidade de movimento, sua conservação e leis de Newton	
	Trabalho e energia no cotidiano	Trabalho e energia mecânica	
	Rotações	Quantidade de movimento angular, sua conservação, leis da rotação e energia nas rotações	
	Previsão de movimento	Cinemática elementar	
	A voz e o violão, o ouvido e o alto-falante	Oscilação e acústica	
2º ANO	Uso de substâncias e materiais em diferentes situações: metais, cerâmica, ar ou água, combustíveis...	Propriedades térmicas: condutividade, calor específico, calor latente, calor de combustão...	FÍSICA TÉRMICA
	Termômetros e termostatos	Termometria (lei zero)	
	Motor a combustão, refrigeradores e os sistemas naturais	1ª e 2ª leis da termodinâmica	
2º ANO	As lâmpadas, a chama, os espelhos e as coisas que vemos, os filtros, as lentes, o olho humano e o farol do carro e as demais coisas associadas à luz	ÓPTICA FÍSICA: Descrição fenomenológica e a caracterização das fontes, refletores, transistores e transistores e absorvedores da luz	ÓPTICA
	O laser, a célula fotoelétrica, o holograma, a polaroide, fibras ópticas, etc.	Efeito fotoelétrico, efeito fotoquímico, polarização, coerência, interferência, difração, dispersão, emissão, reflexão, refração e absorção de luz	
	O olho e a câmera fotográfica	ÓPTICA GEOMÉTRICA: Conceitos de propagação e refração da luz	
	Lentes, instrumentos simples e espelhos	Leis de refração e reflexão	
3º ANO	Lâmpadas, chuveiros e outros aparelhos resistivos	Circuitos ôhmicos, relação entre tensão, corrente, resistência e potência	ELETROMAGNETISMO
	Campainha, voltímetros, motores e outros instrumentos de medida	Efeito Magnético da corrente	
	Dínamos, geradores, motores, relógio de luz, bateria	Indução eletromagnética e eletrostática	
	Transformadores, capacitores e retificadores	Propriedades eletromagnéticas da matéria	
	Telefone, rádio, televisão, gravadores e disco	Campo eletromagnético	
	Diodos retificadores, transistores, diodos fotoemissores	Estudos dos semicondutores	
Do universo submicroscópico ao universo das galáxias	As forças da natureza, noções de mecânica quântica	COSMOLOGIA	

Fonte : Boletim Gref nº 5, 11/87

Embora também nesta etapa do nosso trabalho não tenhamos nos dedicado à compreensão das concepções espontâneas dos alunos à respeito da luz e do processo de visão, as opções que fizemos em relação à ordenação do conteúdo no sentido de aproximá-los da vida dos estudantes e propiciar uma abordagem dialógica, mostram-se concordantes com as orientações propostas pelas pesquisas efetuadas nessa área.

No presente momento, o material ora descrito está sendo submetido à revisão final, (por isso sua apresentação no apêndice 1 é ainda precária): A isto se seguirá sua impressão e distribuição não só aos professores que atuam na rede pública, mas também àqueles que no terceiro grau trabalham na formação de futuros professores.

### III. PROPÓSITOS E PROPOSTAS (UMA ANÁLISE COMPARATIVA NO ENSINO DE FÍSICA)

A educação remonta às sociedades primitivas, quando da transmissão dos conhecimentos e tradições, e era ministrada pelas pessoas mais experientes das gerações mais velhas às gerações mais novas, visando prepará-las para a vida adulta. A idéia de Educação sofreu mudanças que envolveram não apenas o que ensinar, mas também como e quem deveria aprender, diferenciando-se de acordo com o grau de desenvolvimento e com a forma de organização das diferentes sociedades.

Da transmissão oral, primitiva, aos sofisticados materiais instrucionais de hoje, a evolução do ensino reflete não só a persistência do homem pela compreensão e domínio da natureza, mas também está associada à supremacia de uns sobre os outros, produto das organizações sociais e coerente com as aspirações daqueles que exercem o poder.

A educação e os materiais a ela destinados estão longe de constituírem elementos neutros, mas sim carregados de intenções explícitas ou subjacentes; o ensino de ciências, especificamente o de Física, tem recebido atenções especiais em diferentes contextos sociais, econômicos e culturais, notadamente nas últimas décadas, e os materiais didático-pedagógicos desenvolvidos para esse fim, são um exemplo da polaridade (ao contrário da pretensa neutralidade) da educação.

Naqueles materiais destinados ao manuseio dos alunos, a intencionalidade dos mesmos é veiculada através de mensagens que objetivam responder ao estudante perguntas como: Por que estou aprendendo ciências?, e na concepção de D.A. Roberts (49), estes objetivos vão além da aprendizagem dos fatos, princípios, leis e teorias da matéria do ensino em si. Para este autor, as mensagens veiculadas nos textos didáticos caracterizam intenções às quais denomina "ênfases curriculares", definidas como o conjunto coerente de mensagens sobre ciências, comunicadas explícita ou implicitamente, ao estudante.

Também M.A. Moreira e R. Axt (50) abordam a existência destas mensagens nos textos didáticos para o ensino de Física. Além das sete ênfases propostas e identificadas por D.A. Roberts, estes autores acrescentam outras três a partir de uma relação de concepção de currículos propostos por E.W. Eisner e E. Wallace (51):



**1. Ciência do cotidiano :** veicula a idéia de que a ciência é um importante meio para entender e controlar o ambiente, seja ele natural ou tecnológico. Valoriza um entendimento individual e coletivo de princípios científicos como meio de lidar com problemas individuais e coletivos. O estudante deve ser capaz de aplicar os princípios e generalizações aprendidos nas aulas de ciências na compreensão e controle de fenômenos e problemas do dia-a-dia. Esta ênfase parece repousar na convicção de que a ciência deve ser tornada útil e significativa para o estudante.

**2. Estrutura da Ciência:** conjunto de mensagens sobre como a ciência funciona intelectualmente em seu crescimento e desenvolvimento. As mensagens são comunicadas através de repetidas discussões sobre assuntos como a interação entre evidências experimentais e teoria, adequação de determinados modelos para explicar certos fenômenos, a natureza evolutiva do conhecimento científico, a influência do sistema de referência conceitual do cientista no tipo de teoria desenvolvida.

**3. Ciência, tecnologia e sociedade:** enfatiza as limitações da ciência para lidar com assuntos práticos. É um conjunto de mensagens que, primeiro, distingue ciência e tecnologia, subsequentemente distingue considerações científico/tecnológicas de considerações carregadas de valores, envolvidas na tomada de decisões pessoais e políticas. É feita uma distinção entre problemas científicos e práticos, mostrando as limitações da ciência para resolver esses últimos, uma vez que sua solução envolve também aspectos políticos e sociais, por exemplo.

**4. Desenvolvimento das habilidades científicas:** focaliza o desenvolvimento de habilidades fundamentais necessárias em atividades científicas. O objetivo do ensino de ciências não é o acúmulo de conhecimento em determinada área e sim a competência no uso de processos que são básicos para todas as ciências. Comunicam implicitamente ao aluno a mensagem de que o uso habilidoso dos processos científicos (meios) leva-lo-á a um fim correto (produto).

**5. Explicações corretas:** concentra-se quase que exclusivamente em produtos. É um conjunto de mensagens sobre a autoridade de especialistas como fator de legitimidade da correção de determinadas explicações científicas. Ou seja, algumas idéias são aceitas pela comunidade científica e outras não;

a mensagem é de que as aceitas são as corretas. A instrução deve transmitir ao aluno um conjunto de idéias (explicação correta) aceitas pela comunidade científica. Transmíti-las com dúvidas inibe a confiança do estudante.

**6. Indivíduo como explicador:** as mensagens tratam do caráter da ciência como uma instituição cultural e como expressão de uma das muitas capacidades humanas. O estudante recebe a mensagem de que a humanidade da ciência é a sua própria humanidade e que ele também é um explicador de eventos, com seus próprios objetivos, seu próprio lugar em uma matriz de preocupações intelectuais e culturais. Ele também recebe a mensagem de que seu engajamento (não o do cientista) nas operações intelectuais envolvidas na explicação de eventos deve ser consistente e razoável, ou seja, deve fazer sentido.

**7. Fundamentação sólida:** O ensino de ciências em cada nível de escolarização deve servir de base para a aprendizagem de ciências no próximo nível. Assim, a ciência na escola primária é uma preparação para o estudo da ciência na escola secundária que, por sua vez, é a preparação para alguma finalidade futura. A mensagem transmitida ao estudante é a que que ele está aprendendo algo que se encaixa em uma estrutura pensada e planejada. Nada diz sobre quais são os objetivos educacionais em direção aos quais toda a instrução anterior deve ser dirigida.

**8. Tecnologia educacional:** o papel do currículo é essencialmente o de achar meios eficientes para um conjunto pré-determinado de fins. O conhecimento a ser transmitido e a ser adquirido pelo aluno não é questionado, o importante é o desenvolvimento de uma tecnologia de instrução. O foco não está no aluno, nem em sua relação com o material instrucional, e sim no problema prático de eficientemente organizar e apresentar esse material. A rigor, neste enfoque, o estudante não recebe nenhuma mensagem sobre ciências e essa ausência é, no fundo, uma mensagem: o conteúdo e o papel da ciência no cotidiano, na sociedade na auto-realização, na fundamentação, no desenvolvimento de habilidades, são secundários. O importante é a aquisição eficiente de conhecimentos científicos não questionados, porém eficientemente transmitidos pelo professor.

**9. Auto-realização:** O papel do currículo é prover experiências pessoalmente realizadoras para cada indivíduo, cada aprendiz individualmente. É

centrada no aluno e orientada para a autonomia e o crescimento pessoal. A educação é vista como um processo que deve prover os meios para sua liberação e o desenvolvimento pessoal, como meio de ajudar o indivíduo a aprender. Trata-se de um enfoque humanista que diz implicitamente ao estudante que a ciência importante é aquela que contribui para a sua auto-realização, o conteúdo científico relevante é aquele que representa uma experiência significativa para o indivíduo. Enquanto a ênfase do indivíduo explicador fica mais a nível cognitivo, esta é basicamente afetiva.

**10. Ciência integrada:** os argumentos a favor do ensino integrado de ciências ou da ciência integrada focalizam o caráter unitário da ciência, no sentido de que os processos são os mesmos nas disciplinas científicas, e o acerto pedagógico que haveria, conseqüentemente, em ensinar ciência integrada. Além do enfoque dos processos, são também propostos vários meios de implementar o ensino integrado como, por exemplo, através de tópicos, conceitos, aplicações, meio ambiente, projetos. Tais enfoques, a rigor, devem fundamentar-se no conteúdo das diversas disciplinas científicas mesmo quando se quer destacar o caráter unitário da ciência. Uma vez que as mensagens sobre ciência acompanham explicita ou implicitamente o conteúdo dessas disciplinas, isso significa que, na prática, a ênfase da ciência integrada pode ser viabilizada através de outras ênfases curriculares; nessa perspectiva este enfoque não constituiria uma ênfase curricular propriamente dita. (45)"

Estas mensagens presentes nos livros comercializados e nos "projetos de ensino", permitem identificar não só as orientações do ensino de Física, mas também as influências estrangeiras a que nosso sistema de ensino esteve sujeito em diferentes épocas.

Naqueles utilizados nos cursos secundários dos períodos anteriores à década de 50, a maior parte de origem européia ou escritos sob sua influência, tal ensino aponta uma orientação "científica", nitidamente preparatória para um aprofundamento posterior, com ilustrações e descrições de instrumentos próprios de laboratórios de pesquisa e experiências comprobatórias da veracidade dos fatos apresentados.

Podemos associar suas mensagens com a ênfase das explicações corretas, pois apresentam a Física como um conjunto de conhecimentos auto-consistentes, coerente com a rigorosa precisão dos conceitos: definidos, inquestionáveis e desvinculados de contexto.

Tomemos como exemplo desse período o texto destinado ao curso de Física da Escola Agrícola de Piracicaba (52), onde o conteúdo é apresentado em um único volume, que procura conciliar a escassez do tempo destinado ao curso (um ano) e a importância e utilidade da matéria; justifica-se o autor, na apresentação do texto: "tivemos de limitar o nosso programa aos princípios mais importantes que regem os principais fenômenos e que servem de base às numerosas e admiráveis aplicações desta ciência".

Estas limitações, contudo, não impediram o autor, ao introduzir o tema Óptica, de relacionar os efeitos da luz e do calor a uma mesma causa: o movimento de vibração das moléculas; da mesma forma, não deixa de associar a noção de raio de luz à direção de propagação das ondas luminosas:

"290. O calor e a luz são efeitos de uma mesma causa: o movimento vibratorio das moleculas que se propaga através do espaço pelas ondulações do ether.

Si aquecermos progressivamente um fio de platina, este começará a tornar-se luminoso quando a sua temperatura chegar a cerca de  $500^{\circ}$ . Continuando a elevar-se a temperatura, a luz emittida pelo fio tornar-se-á cada vez mais brilhante.

As vibrações das moleculas da platina incandescente propagam-se pelo ether sob a forma de ondas successivas que, correndo com a mesma velocidade (300.000km por segundo), differem umas das outras pelo seu comprimento. A cada **comprimento de onda** corresponde uma radiação dada, tendo um determinado numero de vibrações por segundo.

As radiações que affectam a nossa retina, produzindo a impressão luminosa, são aquellas cujo comprimento de onda varia, approximadamente, entre 0,4 e 0,7 de micron. O numero de vibrações que lhes corresponde varia de 700 a 400 trilhões por segundo. As outras radiações não são perceptíveis à vista, mas tornam-se manifestas pelas suas propriedades calorificas e clinicas.

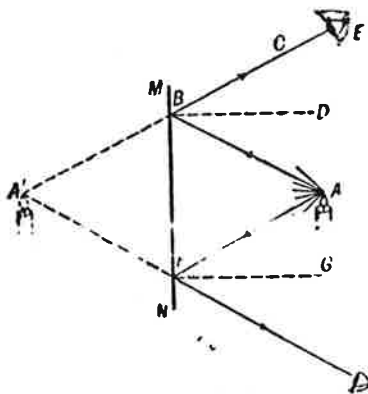


Fig. 150. — Imagem de um ponto.

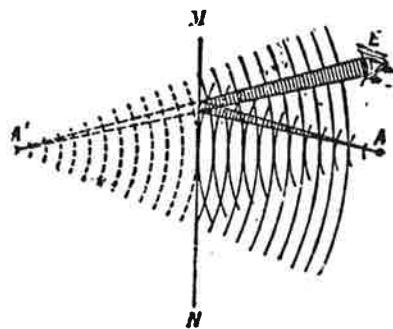


Fig. 151. — Ondas e raios.

Assim, na figura 150. as ondas que partem de A para B seguem o percurso ABC."

"303. Ondas e "raios". O ponto luminoso A (fig.151) é o centro d'onde se propagam as ondas luminosas. O embate destas ondas contra a superfície do espelho MN, as faz voltar com a mesma velocidade como si proviéssem do ponto A, symetrico de A. Quando, para locar a imagem de um ponto, traçamos os raios incidentes e os raios reflectidos, devemos ter sempre em vista que esses raios nada mais representam que a direcção tomada por uma parte das ondas em seu percurso."

Neste pequeno texto, além do conteúdo apresentado pelos livros didáticos atuais, pode-se encontrar em Óptica, uma explicação para as cores da luz, as cores dos corpos, a absorção da luz pelos meios, a interferência e polarização da luz, além da descrição de experimentos realizados por cientistas:

"372. O espectro solar é espectro de absorção. Ajustemos bem as posições da lente, do prisma e do anteparo para que na experiência da fig.210 a imagem do espectro adquira a maxima nitidez. Examinando-a com atenção, veremos que ella é atravessada por muitas linhas escuras. Estas linhas receberam o nome de raias ou riscas de Fraunhofer, em honra a este astronomo que as estudou, tendo contado cerca de 600 e designado os principaes grupos pelas letras do alphabeto, de A e H.

A presença destas riscas escuras indica que certas radiações foram absorvidas ao passarem atravez de certos meios. O espectro solar é, pois, uma espectro de absorpção.

A explicação das riscas de Fraunhofer, devida a Kirchoff e Stokes, basea-se na seguinte experiencia:

Projectemos, como na fig.210, um espectro solar bem nitido. Polvilhemos com chloreto de sodio (sal comum) a mecha de uma lampada de alcool e colloquemos esta lampada accesa sob a fenda, em C. Uma luz amarella, brilhante, será produzida pelo sal volatilizado. Examinando-se o espectro, observaremos que uma risca escura formou-se sobre a parte amarella do mesmo.

Verifica-se assim, que quando a luz passa atravez da chamma amarella do sodio, dá-se a absorção de certos raios. Pode-se, ainda, observar que a risca escura, resultante, vai formar-se exactamente no logar da risca brilhante, amarella, que seria produzida pela luz do sodio si esta fosse a unica a illuminar a fenda.

373. Segundo Kirchoff, a parte irradiante do sol e principalmente constituida por um nucleo fluido incandescente, a photosphera. Este nucleo é envolvido por uma camada gazosa tambem luminosa, mas de brilho muito menor, a chromosphera. A luz emitida somente pela photosphera daria um espectro continuo, mas, certos raios sendo absorvidos ao atravessarem a chromosphera, exactamente como na experiencia precedente dão origem às riscas escuras de Fraunhofer. Estas riscas occupam o logar exacto das riscas brilhantes que seriam produzidas pelos vapores incandescentes de chromosphera. Em summa, as radiações absorvidas por um gaz ou vapor incandescente são precisamente aquellas que esse gaz ou vapor é capaz de emittir."

No final do texto, o autor relaciona as obras consultadas e indica as fontes de onde foram extraídas as figuras, procedimentos não encontrados nos livros atuais.

Outro fato significativo é a ausência de exercicios ao longo do texto e a utilização das expressões matematicas apenas como indicação das sínteses teóricas desenvolvidas, o que o torna compatível com o caráter assumidamente propedêutico dos cursos secundários de então, que justificava a formação sólida dos estudantes.

Nas décadas posteriores a 1950, os livros mudam de característica e orientação e os textos nacionais passam a se inspirar na orientação norte-americana: os livros que antes apresentavam ilustrações de instrumentos científicos, descrevem agora os aparelhos e instrumentos desenvolvidos com o conhecimento da Física, seja em sua concepção, seja em sua construção; é um conhecimento incorporado na tecnologia consumida pelo cidadão . Embora os textos ainda apontem o "rigor conceitual", pode-se observar a mudança de orientação: de fundamentação sólida para as explicações corretas dos "fatos" da natureza. Parece que o tempo é cada vez mais escasso para permitir a reprodução de experiências originais; o conhecimento acumulado historicamente deve ser agora consumido com rapidez, e o que deve ser "guardado" são as "verdades" que permaneceram.



Tomemos como exemplo desse período, "O Curso de Física" (53), texto esse que incorporou a ênfase da estrutura da ciência (que norteava o ensino de Física nos E.U.A, naquele momento), integrando-a a ênfases curriculares já existentes nos livros mais antigos. Ao lado de uma visão da Física como um corpo objetivo de conhecimentos, combinando teoria com resolução de exercícios, este texto sugere experimentos ao final de cada capítulo, ressalta a evolução histórica da ciência, apontando a importância dos modelos na construção das teorias e na explicação de fenômenos, e a relevância do significado das idéias através das leituras complementares sugeridas ao final dos capítulos).

Apesar disso, o desenvolvimento de seu conteúdo, não se diferencia dos demais textos destinados aos cursos secundários, que se dedicam à formação propedêutica do estudante. Embora os autores apontem na apresentação do livro o conhecimento das leis e fenômenos físicos constitui um complemento indispensável à formação cultural do homem moderno, não só em virtude do grande desenvolvimento científico e tecnológico do mundo atual, mas por estar a física presente no mundo que nos rodeia, à menos das leituras complementares que o "atualizam", seu conteúdo é diminuído em relação àquele livro escrito em 1920 (47); as situações que relacionam seu conteúdo à vida moderna, à tecnologia e ao cotidiano são utilizadas como exemplos autônomos, antes ou após as explicações da física ou em algum exercício, portanto, como aderêço.

Ao iniciar o tema Óptica, por exemplo, os autores localizam o conteúdo:

"Estamos iniciando, neste capítulo, o estudo da óptica, isto é, o estudo da luz e dos fenômenos luminosos em geral. Dos nossos sentidos, a visão é o que mais colabora para conhecermos o mundo que nos rodeia e, provavelmente por isto, a óptica é uma ciência muito antiga. Filósofos gregos como Platão e Aristóteles, já se preocupavam em responder perguntas tais como: Por que vemos um objeto? O que é a luz? etc.

Em nosso curso, teremos oportunidade de apresentar algumas idéias destes cientistas mas, antes disto, vamos procurar estudar alguns fenômenos ópticos, as leis experimentais que descrevem o comportamento da luz nesses fenômenos e algumas de suas aplicações".

Apesar dessa introdução, tal estudo, como nos demais textos que os estudantes destas últimas décadas têm utilizado, o estudo da luz se inicia a partir das definições dos princípios fundamentais necessários à formalização da óptica geométrica, como os raios de luz:

**"Raios e feixes de luz - Consideremos uma fonte que emite luz em todas as direções. As direções em que a luz se propaga podem ser indicadas por meio de linhas retas, como mostra a fig.15-3. Estas linhas são denominadas raios de luz."**(54)

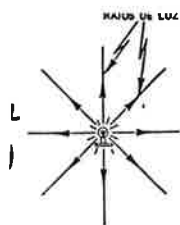


Fig. 15-3: Os raios luminosos indicam as direções de propagação da luz.

Mesmo se tratando de um dos textos mais completos para os cursos secundários de física, podemos apontar uma simplificação em relação ao citado anteriormente: os raios de luz deixam de ser apresentados como uma representação da direção de propagação das ondas luminosas, da mesma forma que a produção de luz deixa de ser associada à produção de calor, e ambas relacionadas ao movimento de vibração das moléculas.

Tais simplificações se justificam, a nosso ver, em função de fatores que apontamos no início dessa dissertação: a expansão das escolas secundárias acompanhada do aumento de sua demanda, e como decorrência, a mudança dos mecanismos de seleção ao ensino de terceiro grau: os exames vestibulares que têm se prestado mais à verificação do adestramento dos estudantes na resolução de exercícios que não cobram a compreensão dos fenômenos e de teorias, mas o manuseio de equações algébricas.

Nesse sentido, os textos didáticos atuais, embora se proponham a oferecer uma fundamentação sólida, são melhor caracterizados como relacionados à ênfase curricular das explicações corretas, pois são destituídos de Física.

Podemos admitir que estas mudanças do enfoque curricular nos textos de Física para o segundo grau nos diferentes momentos da educação brasileira, antes de se revelarem uma preocupação pedagógica, denunciam a falta de definição da função social do ensino médio e o caráter elitista de nossa educação; ora importa as tendências da Europa, que faziam sentido naquele contexto de origem, ora a norte americana, também compatível com o momento e a organização social daquele país, o que nos parece um equívoco: adotar uma orientação propedêutica, quando não tínhamos universidades, centros de pesquisas e sequer escolas secundárias no primeiro momento, e generalizar o espírito "científico" quando se encaminhava a "batalha" da alfabetização. O ensino de Física (do mesmo modo que os recursos aplicados na educação) esteve sempre dirigido ao desenvolvimento da elite, como sempre a menor parcela da população, e torna compreensível o fato de ainda hoje estarmos correndo atrás do prejuízo, com acerca de vinte milhões de analfabetos e uma taxa de escolarização média da população em torno de quatro anos.

Mesmo os autores de livros didáticos detetando a necessidade de atualizar os conteúdos tratados e compatibilizar seu uso em diferentes situações escolares, por estarem mais sujeitos aos aspectos econômicos de sua produção do que às implicações pedagógicas do produto de seu trabalho, seus esforços, antes de produzirem avanços que sejam capazes de melhorar a qualidade do ensino de Física, terminam por lhe constituir um entrave.

Isto não é especificidade de nosso país nem tampouco característica da época em que vivemos; a busca de materiais didáticos que tornem o ensino de física adequado às necessidades reveladas por diferentes sociedades, em diferentes momentos de sua História, é evidenciada pelos "projetos de ensino", desenvolvidos por educadores ao lado de cientistas dessa área do conhecimento humano. o QUADRO 17 nos dá uma idéia quantificada de esforços internacionais nesse sentido:

QUADRO 17

	Primário	Secund.	Univers.	Aval.	Total
Estados Unidos	0	52	90	30	172
Reino Unido	0	20	11	5	36
Outros Países	6	40	20	13	79
TOTAL	6	112	121	48	287

Projetos de Ensino de Física catalogados para conferência de Edimburgo - 1975 (55)

Entre esses projetos, o que mais influência trouxe ao ensino de Física na escola média, foi o PSSC - Physical Science Study Committee, elaborado na década de 50 nos E.U.A. Em sua apresentação, seus autores o apontam como uma resposta ao crescimento acelerado do conhecimento científico e à indiferença dos cientistas em relação à educação primária e secundária (56) e como uma tentativa de levar ao estudante (norte-americano) a visão de que a Física é uma ciência aberta, onde existe muito por fazer, poderosa e coerente, principalmente se voltada para o estudo do átomo.

"Dessa maneira, o surgimento de um curso dirigido para a Física Nuclear como PSSC não deve ser entendido como decorrente apenas da visão particular da Ciência de um grupo de cientistas, mas principalmente como resposta ao crescente poderio nuclear soviético". (57)

Sua orientação buscou centrar-se em torno do significado da Física não como um conjunto de fatos, mas basicamente como um processo em evolução, por meio do qual os homens procuram compreender a natureza do mundo físico. Buscando firmar os conceitos por meio da atividade experimental, análise de textos e filmes, o aluno deve perceber "que a Física é um assunto em desenvolvimento". A discussão de uma teoria ou modelo procura reproduzir como se desenvolve o conhecimento científico e procura mostrar a Física sob o ponto de vista do cientista que a constrói, isto é, destacando a ênfase da estrutura da ciência.

Nesse projeto a óptica recebe um tratamento privilegiado, visto que os processos luminosos são estreitamente ligados à Física do átomos; seus conceitos são apresentados e firmados através de atividades experimentais, induzindo a necessidade da elaboração de modelos que permitam a compreensão da luz, enquanto um aspecto da natureza; os conceitos e noções fundamentais são inicialmente apresentados e discutidos sem enfatizar a formalização matemática, ou destacar os exercícios numéricos, mas encaminhando a construção do conhecimento formal: o processo evolui segundo o ponto de vista do cientista que o constrói; As atividades de observação e análise do comportamento da luz são fundamentais para reproduzir uma simulação da ciência "real".

"Vimos evidências de que a luz geralmente se propaga em linha reta, sendo fácil, entretanto, encontrar algumas exceções a esta regra. Provavelmente já lhe aconteceu olhar para luz distante, como a de uma lâmpada da rua, através de uma tela, dessas postas em janelas para evitar a entrada de insetos. Você provavelmente observou, além da luz distante, duas linhas coloridas, em ângulos retos uma em relação à outra. Você pode observar um efeito parecido, mantendo dois dedos em frente à sua vista, de modo a olhar para uma luz através da pequena fresta que deixa entre eles (Fig.11-9 (a)). A experiência é mais efetiva se a luz provém de uma fonte alongada e fina, como um tubo de néon ou uma lâmpada fluorescente, e você mantém seus dedos paralelamente à fonte. As bandas estreitas que aparecem, alternadamente escuras e claras, são, por certo, algo diferente do que você vê comumente na luz que atravessa uma grande abertura (Fig.11-9(b))."



"Estes fatos podem ser parcialmente explicados se supuzermos que a luz se curva ligeiramente quando passa pelo bordo de um obstáculos. Seria, então, de esperar que os bordos de todas as sombras fossem ligeiramente imprecisos, ao invés de perfeitamente definidos. Quando as fontes de luz são amplas, e são grandes as aberturas através das quais a luz passa, esta imprecisão é insignificante em comparação com toda a configuração luminosa, e não a observamos. Se a fonte está distante, e as aberturas são pequenas, como as de uma tela de janela, ou o intervalo entre dois dedos, o efeito da curvatura se torna importante. A explicação não está, entretanto, incompleta. Deveremos acrescentar algo mais antes de estudar em detalhe as bandas escuras e claras."

"O raciocínio que você acabou de acompanhar constitui um bom exemplo do modo pelo qual os cientistas se aproximam da verdade, passo a passo. Para a maioria das finalidades, a afirmação de que a luz se propaga em linha reta explica perfeitamente muitas observações. Uma observação mais cuidadosa das coisas, mostra que isto não pode ser sempre aceito como totalmente verdadeiro." (58)

É claro que o material desse projeto fascinou os professores de terceiro grau, pois os estudantes preparados por ele chegariam aos cursos de Física já "cientistas" em potencial. Em nossas escolas secundárias, inclusive, ele chegou a ser utilizado por algum tempo, já que sua "importação" foi acompanhada de tradução para o português (dos textos teóricos) e muitos professores passaram por cursos de "treinamento" que viabilizavam sua utilização.

Entretanto, o "sucesso" desse projeto, apesar da incorporação de suas mensagens em livros ou projetos de autores nacionais foi-se esmaecendo naturalmente, como tudo aliás, que se dá com a aplicação fora de contexto. As dificuldades e problemas decorrentes de sua implantação nas escolas brasileiras estão registradas nas atas do I SNEF (Simpósio Nacional de Ensino de Física), realizado em 1970:

"1- os professores em geral estavam apegados aos programas tradicionais (por razões de tradição, pressão dos vestibulares...) e não queriam ou não estavam preparados para ministrar tópicos de Física Moderna.

2- muitos professores passaram a utilizar o PSSC (ou parte dele) apenas como livro de texto sem ministrar o laboratório correspondente (por causa de turmas numerosas, falta de material, tempo de preparar aula, tradição do ensino livresco ou inabilitação).

3-não utilização da série de filmes, tanto pela inexistência de salas de projeção nas escolas, quanto pelos filmes não terem sido dublados em português e existirem poucas cópias disponíveis em todos o Brasil.

4- o curso do PSSC foi programado para escola americana, na qual o curso de Física tem apenas um ano de duração e optativo, sendo frequentado por estudantes de idade de aproximadamente 17 anos, enquanto que o curso de Física no colégio (atual segundo grau) no Brasil era seriado em três anos.

5- o curso de Física do PSSC é difícil para os alunos, é muitas vezes também para os professores." (59)

Outro importante projeto norte americano foi o Harvard Project Physics, que chegou a ser parcialmente traduzido para o português. Através de livros-texto, este projeto estrutura e apresenta o conteúdo da Física da forma como se deu sua evolução histórica, porém, reforçando a mensagem do indivíduo como explicador; para isto foram desenvolvidos materiais para atividades experimentais, loops, filmes sonoros e transparências, além da organização de uma coletânea de textos originais para leituras; a intenção dos autores é sintetizada na apresentação: desenvolver um curso de Física com orientação humanística, que seja capaz de atrair mais estudantes para os cursos introdutórios de Física, e pesquisar mais acerca dos fatores que influenciam o aprendizado de ciência.

Nesse projeto, a luz é discutida **conceitualmente** junto com os modelos que, em diferentes momentos, procuraram esclarecer sua natureza, as inter-relações com a matéria e sua estrutura, como ilustrem os trechos abaixo:

"Actually the beam of light produced by a laser comes as close as possible to the ideal case of a thin, parallel bundle of rays. As we will learn later in this unit (Chapter 15), light is produced by the vibrations of electrons within the atoms of its source. In most light sources, ranging from incandescent and fluorescent bulbs to the sun and stars, the atoms vibrate independently of one another. Each of the vibrating atoms produces an individual wavelet, and the sum of the wavelets from all the vibrating atoms makes up the total emerging light beam. As a result, light from such sources spreads out in all directions. A more or less parallel beam of light can be produced by using a set of pinholes, or with mirrors or lenses, as found, for instance, in flashlights, automobile headlights, and searchlights. However, as you can quickly determine for yourself, the beams of light they produce still diverge noticeably.

In contrast, lasers are designed in such a way that their atoms vibrate and produce light in unison with one another, rather than individually and at random. As a result, the atoms produce their wavelets simultaneously; this can yield a total beam of considerable intensity and much more nearly monochromatic (that is, of single color) than the light from any conventional source. In addition, since the individual wavelets from the atoms of laser are produced simultaneously, they are able to interfere with each other constructively to produce a beam of light which is narrow and very nearly parallel. In fact, such light spreads out so little that beams from lasers, when directed at the surface of the moon a quarter-million miles away, have been found to produce spots of light only a few feet in diameter.

Given that light seems to travel in straight lines, can we tell how fast it goes? Galileo discussed this problem in his **Two New Sciences** (published 1638). He pointed out that... ". (60)

Outro projeto-Nuffield Advanced Physics Teem, encaminha o aprendizado pelo ensino experimental e não possui textos teóricos. Os livros são estruturados em forma de cadeias de questões, acompanhadas de sugestões de experiências e de leituras de "textos teóricos" de diferentes autores, com indicações de uso tanto para o professor como para os alunos. O programa proposto inclui do mesmo modo que os outros uma sequência de filmes, sugestões de autores a serem consultados por professores e alunos, a indicação dos aparatos necessários para a efetivação dos experimentos, e estabelece vários níveis de aprofundamento, prevendo diferenças individuais de envolvimento e motivação dos estudantes, ressaltando a ênfase curricular do indivíduo como explicador e o desenvolvimento das habilidades científicas.

Nele a luz é estudada a partir do questionamento dos modelos: partícula ou onda, ou seja, da interpretação proposta pela Física Contemporânea:

**"Introduction: the quantum revolution.**

The years 1900 to 1930 saw a revolution overtake physics, comparable to the revolution brought about by Newton two centuries earlier... Before Newton, the Sun and the planets were a puzzle. They obeyed known laws - the laws of Kepler - but no one knew why. After Newton, the solar system could be explained, and all that was needed to explain it were the laws of motion and the law of gravitation. Everything else followed as a consequence. The quantum revolution was comparable. Before 1900, many scientists believed that atoms existed, though some, notably Ostwald and Mach, were not sure one could believe any such thing.

But no one knew why the atoms of any one element had the properties they did have. After the period 1926 to 1930, there was a theory of these things, and papers came thick and fast, showing how to explain the spectra of elements, chemical bonds, electrical conductivity, magnetism, the nature of solids, and many other matters. Chemistry suddenly seemed explicable, though it has in the event turned out rather hard to get good quantitative predictions for many reactions.

These discoveries were made by finding that all was not well with the deepest laws of the physics of 1900, especially Newton's Laws and the wave theory of light. Richard Feynman, as a working physicist, has this to say about what happened:

"Then it was also found that the rules for the motions of particles were incorrect. The mechanical rules of "inertia" and "forces" are wrong - discovered that things on a small scale behave nothing like things on a large scale. That is what makes physics difficult - and very interesting. It is hard because the way things behave on a small scale is so "unnatural", we have no direct experience with it. Here things behave like nothing we know of, so that it is impossible to describe this behaviour in any other than (mathematical) ways it is difficult, and takes a lot of imagination.

R.P.Feynman

#### Other reading

This quotation comes from **The Feynman lectures on physics**, Volume 1. you will find that chapters 1 to 3 give a valuable overall view of the nature and achievements of physics, and that they are well worth the effort of reading." (61)

Também como projeto, o PLON - Project Leerpakket Ontwikkeling Natuurkunde, elaborado na Holanda com o propósito de desenvolver, modernizar e atualizar a educação em Física na escola secundária, desenvolvendo novos programas (conteúdos) curriculares, tentando um equilíbrio entre a preparação dos estudantes para desempenhar um papel na sociedade e para a educação posterior.

Foram produzidas cerca de 40 unidades (temas) onde a Física é centrada em contextos julgados relevantes pelos estudantes, seja a nível social, pessoal ou científico, o que o indentifica com a orientação "ciência, tecnologia e sociedade".

O estudo da luz, particularmente, é efetuado sob o tema "iluminação", entre outros, que inicia pela abordagem dos diferentes tipos de fontes de luz, guiada por questões de cunho social como: quanto custa a iluminação, quanta energia entra em jogo, como podemos economizar?; questões científicas como quais os processos e leis são determinantes para o tipo e quantidade de radiação emitida pelos diversos tipos de fontes de luz?; e questões técnicas: como se utiliza os processos e leis da Física no desenvolvimento de modernas fontes de luz?

"Como usuários de lâmpadas todos nós queremos qualidade pelo nosso dinheiro: lâmpadas que sejam baratas, durem bastante, que sejam seguras e que economizem energia. Além disso devem fornecer boa luminosidade: luz suficiente e de cor certa. O que chamamos de "suficiente" e "justo" depende entre outras coisas da situação em que precisamos das lâmpadas e de nosso gosto pessoal.

As exigências citadas muitas vezes entram em conflito, de forma que tanto você como consumidor como o fabricante devem chegar a um termo intermediário. A lâmpada com a maior luminosidade por Watt-potência consumida (a lâmpada de sódio de baixa pressão) por exemplo, não dá a cor mais agradável (amarela-laranjada) para o uso doméstico.

Lâmpadas fluorescentes (tubos-TL) têm maior rendimento luminoso que lâmpadas incandescentes por uma mesma potência consumida e duram mais. Mas as lâmpadas fluorescentes (tubos-TL) são mais caras que lâmpadas incandescentes e são conhecidas por darem uma luz "fria" e não aconchegante. Então lâmpadas incandescentes? Mas com relação à cor dos tubos TL hoje existem mais opções de que você talvez pensa.

"Uma linha clara no desenvolvimento de todo tipo de lâmpadas é o esforço para um rendimento de luz o mais alto possível: a relação entre rendimento luminoso e potência consumida,

O parágrafo presente e o anterior demonstram que você pode encarar as fontes de luz de várias maneiras: técnica, social e cientificamente.

Se você considera o ponto de vista técnico, poderão surgir perguntas tais como: como são os diversos tipos de lâmpadas?, qual é o processo de fabricação?, porque se desgastam?, como podemos melhorá-las?

Perguntas sociais seriam por exemplo: para que usamos as diversas fontes de luz?, quais são as nossas exigências para a iluminação doméstica e na rua?, o que nos custa a iluminação?, quanta energia entre na questão, como podemos economizar?

E cientificamente; o que acontece realmente quando um material irradia luz?, quais as leis válidas para a luz?, porque o rendimento luminoso de tubos TL é tão mais alto que o das lâmpadas incandescentes? (62)"(1)

---

(1) Traduzido por Miriam Schiel (com assessoria de Dietrich Schiel) inédita (mas autorizada) patrocinada pelo próprio GREF,



Entre os projetos que analisamos, este é o que rompe mais radicalmente com o currículo tradicional dos cursos de Física, sem entretanto, negligenciar seu formalismo: Ao mesmo tempo que se preocupa com o aspecto propêdeutico dos cursos secundários (embora não enciclopédico), preconiza a formação geral do futuro cidadão, que convive com o produto da ciência (incorporado em seu dia-a-dia); caracterizando a ênfase curricular ciência, tecnologia e sociedade.

No Brasil, a produção sistemática de materiais instrucionais se inicia com o Projeto Piloto de Ensino de Física-Física DA LUZ; é o nosso primeiro texto programado e, através do qual se introduz no país a Tecnologia do Ensino. Além dos textos, foi desenvolvido também materiais experimentais (Kits) e loops para serem utilizados de forma conjugada.

A primeira versão desse projeto centrado na tecnologia educacional foi estruturada em 6 volumes, com o conteúdo dividido em 5 partes, precedidas de uma unidade onde se ensina a representar graficamente os resultados obtidos em experiências e como deduzir, a partir dos gráficos, fórmulas matemáticas. Na primeira parte ensina-se as propriedades fundamentais da luz (inclui experiências sobre: propagação retilínea em diferentes meios); na segunda parte ensina-se o modelo de partículas para a luz; na terceira e quarta partes, o modelo ondulatório; na quinta, as ondas eletromagnéticas e fótons (discutem-se as propriedades da luz e das ondas de rádio, e a semelhança permite supor uma natureza eletromagnética comum para ambas); estende-se o espectro eletromagnético ao infravermelho e ao ultra-violeta, aos raios-x e aos raios gama e encaminha-se experiências com papéis fotográficos e filtros de cor que levam ao ensino da natureza quântica para a luz.

O trechos abaixo reproduzem alguns dos passos desenvolvidos nos textos desse projeto.

"Quando iluminamos a superfície do metal  
(Zinco) com luz de lâmpada de mercúrio  
ocorre  
segueinte: \_\_\_\_\_ o

ou seja: há/não há expulsão de elétrons.

Então o efeito fotoelétrico se produz:

- A- Quando iluminamos a superfície do metal com lâmpada de mercúrio.
- B- Quando iluminamos com luz ordinária.
- C- Em ambos os casos.

A lâmpada ordinária (luz branca) possui todas as cores do espectro visível.

Logo, iluminando a superfície de metal (zinco) com luz visível não há \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

Lembre-se que a lâmpada de mercúrio é rica em raios ultra-violetas.

Portanto, iluminando a superfície do metal (zinco) com raio ultra-violeta há \_\_\_\_\_.

Para expulsão de cada elétron do metal é necessária uma certa quantidade de energia. Está \_\_\_\_\_ é absorvida da \_\_\_\_\_ . ( )"

-----

"A PROCURA DA EXPLICAÇÃO DAS FONTES DE FORÇA  
ELETROMOTRIZ

Por outro lado, tentava-se explicar a pilha elétrica. Como vimos, a explicação de Volta baseava-se no contato de metais distintos, o papelão umedecido tendo uma participação passiva.

Porém, a observação de que na pilha voltaria a placa de zinco mostrava-se oxidada no final da experiência, foi o primeiro passo dado para o relacionamento de dois campos que até então eram desligados à Química e a Eletricidade. E as primeiras experiências feitas com a pilha também indicavam esta direção. Em 1800, dois cientistas ingleses, W. Nicholson (1753-1815) e A. Carlsile (1768-1840), observaram pela primeira vez o fenômeno da eletrólise da água: a água em que estavam imersas as placas metálicas decompunha-se; bolhas de um gás inflamável (hidrogênio) foram liberadas em uma das extremidades, enquanto que o outro fio tornou-se oxidado.

Humphry Davy (1778-1829), ainda em 1800, concluiu por uma teoria química da pilha voltaica: a oxidação do zinco e as mudanças químicas que ocorriam eram de tal modo que causavam os fenômenos elétricos. Tudo parecia indicar que os fenômenos elétricos estivessem estreitamente ligados à própria estrutura atômica das substâncias.

Já por meados do século XIX, a formulação da hipótese da transformação da energia de uma forma a outra veio trazer um novo dado à compreensão da pilha voltaica. Tratava-se da transformação da energia liberada pela reação química em energia elétrica. Porém, foi somente com a elaboração da teoria da estrutura dos átomos, no século XX, que se chegou a uma compreensão mais profunda da transformação da energia química em elétrica, nas fontes de forma eletromotriz." (63)

Embora apresentando o conteúdo de Óptica completo, o material desse projeto permaneceu praticamente desconhecido pelos professores de segundo grau.

O PEF - Projeto de Ensino de Física, ao contrário, ainda hoje é utilizado por muitos professores, só não tendo um destaque maior devido à dificuldade de sua localização e distribuição; o currículo tradicional da Física dos cursos secundários foi desenvolvido na forma de fascículos, aglutinando diversas ênfases como a estrutura da ciência (a); indivíduo como explicador (b); ciência, tecnologia e sociedade (c); tecnologia educacional (d), como exemplificam os trechos abaixo:

#### INTRODUÇÃO

"Este é um curso no qual você terá participação ativa. Isto porque ele não é um texto pronto, que você só precisa ler e aceitar o que está escrito; muito ao contrário, para seguir o curso você deverá completar o texto, escrevendo as respostas às questões e resultados de experiência.

As coisas são inteiramente diferentes na ciência moderna: hoje, uma teoria somente é levada em consideração quando, além de explicar os fatos observados, fizer previsões baseadas em procedimentos experimentais; as teorias são então aceitas, modificadas ou recusadas em função dos resultados dessa experiência. As teorias modernas procuram ter um caráter tão objetivo quanto possível, descrevendo uma realidade que é suposta independente do observador. (a)"

A segunda diferença entre os pensamentos moderno e antigo é a função social da ciência. As concepções antigas sobre o mundo visavam apenas a descrever a natureza as noções que o homem tinha dela. As teorias anteriores ao século XVII não se destinavam a fornecer instrumentos de ação para a modificação da natureza, não servindo, assim, as finalidades humanas. Hoje, pelo contrário, a ciência é altamente operacional, procurando antes de mais nada descobrir como a natureza funciona (e não porque, como os antigos faziam), utilizando os frutos dessa investigação para o progresso da civilização material. Este progresso, por sua vez, abre novas possibilidades ao avanço científico, tanto sob forma de novas idéias como de novos instrumentos de pesquisa. (c)

Considere agora, um condutor linear (foi metálico) de resistência  $R$ , submetido à diferença de potencial constante  $V$ . Pelo condutor irá fluir uma corrente elétrica de intensidade  $i$  também constante, se durante um tempo  $t$  passa uma quantidade de carga  $q$ , temos:

$$i = q/t \rightarrow q = i \cdot t \quad (2)$$

Qual é a expressão do trabalho  $t$  em função da corrente  $i$  e da diferença de potencial  $V$ ? Utilize as equações (1) e (2).

Esse trabalho representa a energia potencial elétrica consumida no transporte da carga  $q$ , entre as extremidades do fio. Vamos representá-la por  $e$  ( ). Assim,

$$e = V \cdot i \cdot t \quad (3)$$

Escreva a expressão da energia dissipada,  $e$ , em função somente de  $R$ ,  $i$  e  $t$ . Utilize a Lei de Ohm e a equação (3).

$$\text{Obtivemos } e = R \cdot i^2 \cdot t \quad (4)$$

Então, podemos dizer que a energia dissipada, isto é, a energia térmica ou calor liberado, é proporcional à resistência  $R$ , ao quadrado da corrente  $i$  e ao tempo  $t$ .

Volta à questão Q17 e Q18 e, com base na expressão (4), calcule a energia térmica liberada em cada caso. A seguir, verifique: esses cálculos confirmam suas respostas R17 e R18? (d)" (64)

Nesse projeto, o conteúdo de Óptica não chegou a ser elaborado, entre outras razões, pela falta de verba destinada a sua continuidade.

Na linha dos projetos, o PBEF - Projeto Brasileiro para o Ensino de Física, se destaca na apresentação da evolução histórica da Física, enfatizando a estrutura da ciência (a) e o indivíduo como explicador, como ilustram os trechos abaixo:

"Você já pensou com que intensidade chega a energia (radiação) até os outros planetas?"

Você irá compreender como decai a intensidade da luz com a distância.

Quando afastamos um objeto da fonte de luz, ele fica iluminado menos intensamente. Sabemos que a intensidade da luz diminui com a distância. Os planetas mais próximos do Sol devem ser iluminado mais intensamente que a Terra. Porém, quanto mais? = É isso que você deve aprender aqui e responder.

Usaremos uma coisa que, em ciência chama-se modelo: um conjunto de idéias e de imagem com que explicamos determinado fato. Modelo aqui não quer dizer nem cópia nem miniatura; é quase sinônimo de teoria. Um modelo é geralmente baseado em alguns fatos conhecidos que são utilizados para se explicar algo que ainda não se sabe. As coisas que conhecemos de antemão e que esperamos se apliquem ao que estamos estudando chama-se hipótese.

Baseado num modelo, podemos fazer previsões que os fatos vão confirmar ou não. Quando as previsões se confirmar as hipóteses feitas são chamadas de verdadeiras. Tudo que sabemos sobre a Natureza é um modelo (a)."

---

"No início deste século (1908), dois grandes físicos-astrônomos, HERTZPRUNG E RUSSELL, estudaram os espectros das estrelas e procuraram estabelecer uma relação entre o tipo de espectro e a evolução de uma estrela. Havia, no entanto, uma grande pergunta que ainda não podia ser respondida. Como pode uma estrela emitir tanta energia sem se consumir rapidamente? Essa pergunta começou a ser respondida com o físico alemão KARL von WEIZSACKER (1939)."(65)

Nos dois textos editados por esse projeto (que também foi interrompido por razões econômicas), a experimentação é fartamente sugerida, com a utilização de materiais de baixo custo, para introduzir e desenvolver as idéias da Física, e não, simplesmente para verificá-las. Neles, as "coisas" da óptica se restringem aos conceitos necessários à compreensão da astronomia.

Ainda como projeto de ensino, o FAI - Física Auto-Instrutiva, foi desenvolvido com a ênfase da Tecnologia Educacional, e mesmo tratando-se de textos de instrução programada, os autores incluíram leituras complementares e sugeriram vários experimentos, com a função de evidenciar fenômenos já estudados pelos alunos:

#### "MOVIMENTO RETILÍNEO UNIFORME (MRU)

- Vamos supor um veículo movendo-se numa rodovia retilínea e que seu velocímetro marque sempre um determinado valor, por exemplo, 10 m/s (36km/h). Chamaremos este tipo de movimento de movimento retilíneo uniforme, abreviadamente, MRU. Portanto, no movimento retilíneo uniforme, o valor da velocidade (varia, não varia) à medida que o tempo passa.

- Quando afirmamos que um móvel executou movimento retilíneo uniforme, queremos dizer que durante todo o intervalo de tempo em que o móvel foi focalizado o valor de sua velocidade (variou, não variou).



-No MRU a velocidade de um dado móvel (varia, não varia) com o tempo. Temos um tipo de movimento no qual a  $v_m$  (velocidade média) do móvel é igual à  $v$  (velocidade instantânea).

-Quando um móvel executa um movimento retilíneo de tal forma que durante todo o intervalo de tempo em que é focalizado o valor da sua velocidade instantânea não varia, temos um tipo de movimento chamado de \_\_\_\_\_ . (66)"

O início desse projeto foi anterior à Lei 5692/71 e foi desenvolvido visando alunos cujos currículos previam cerca de 4 aulas semanais, em média, para o curso de Física, durante os 3 anos de sua duração. Muitos professores, entretanto, ao utilizarem estes textos, não realizavam qualquer um dos experimentos sugeridos, usando a instrução programada para ocupar o espaço das aulas tradicionais.

O conteúdo de óptica que estava previsto para o último volume, não chegou a ser editado, pois este projeto (como as demais tentativas de melhoria de qualidade do ensino de Física no Brasil) foi interrompido por falta de recursos.

Ao arrolar estes vários materiais para o ensino de Física, nossa intenção não foi questioná-los quanto à qualidade ou à validade, mas sim apontar a intencionalidade dos mesmos, que transparece tanto nos conteúdos como na metodologia que propõem e/ou propiciam, no que concordamos com C.Z.Dib:

"As intermináveis discussões sobre o melhor "meio" para a aprendizagem recordam a indagação sobre qual seria o "meio" de transporte mais eficiente. A resposta pode corresponder tanto a "avião" como a "ir a pé", dependendo do objetivo que se pretenda alcançar" (67).

Nesse situar de intenções, devemos ressaltar que, ao procurarmos reelaborar o conteúdo da Física para os cursos de segundo grau com ênfase na ciência do cotidiano (embora não negligenciando as explicações corretas ou a fundamentação sólida), tínhamos como objetivo a educação geral de estudantes, que em grande parte têm nesse grau de ensino a etapa terminal de sua escolaridade, e a convicção de que mesmo para aqueles que ousam conseguir sua continuidade, este ensino deve se revestir de significado para sua vida como cidadão.

Assim, em oposição ao currículo tradicional, buscamos desenvolver o conteúdo a partir de elementos vivenciais e/ou do cotidiano que trazem incorporados os princípios e leis gerais da Física e a respeito dos quais os estudantes possuem algum conhecimento, tendo, portanto, algo a dizer.

Acreditamos que um curso com esse enfoque possibilita um ensino/aprendizagem significativo, pois se propõe a apresentar o conhecimento formal, não em contraposição ao conhecimento do "senso comum", mas a partir dele, e envolvendo o estudantes nessa superação através do diálogo que esse enfoque admite.

Termos estruturado o conteúdo com ênfase na ciência do cotidiano, não significa que tenhamos feito uma opção pela apologia do "senso comum"; a proposta de Óptica apresentada aponta o contrário. Nossa intenção foi buscar uma alternativa viável para substituir a caricatura de Física a que os estudantes normalmente são expostos nos cursos de segundo grau, fato que também atribuímos ao caráter exclusivamente propedêutico que estes cursos historicamente têm apresentado, mesmo com resultados tão insatisfatórios.

### III.1. UMA AVALIAÇÃO DOS RUMOS E DOS PASSOS DE NOSSO TRABALHO

A formação dos professores e os livros-texto, como vimos, são elementos que ao lado de fatores culturais e econômicos condicionam muito do que é real ou pretensamente ensinado. Tratando de aspectos de conteúdo e de aspectos metodológicos (às vezes de sua interligação), procuramos estabelecer uma apreciação crítica não só do ensino escolar hoje mas também de sua evolução, a partir de nossas convicções a respeito da educação e do ensino de Física. Com base nesta apreciação desenvolvemos nosso projeto para este ensino nos cursos secundários, onde buscamos concretizar nossas idéias e onde, no presente trabalho, o ensino de Óptica é posto em foco.

Neste trabalho de reelaboração de conteúdo, os textos que produzimos são uma concretização, cuja pretensão é a de constituírem material de apoio para os professores das escolas públicas, no sentido de lhes propiciar, a um só tempo, elementos de superação de suas deficiências de formação acadêmica e de reflexão sobre sua prática pedagógica. Por isso julgamos necessária uma avaliação dos mesmos, no sentido de verificar a validade do conteúdo proposto e da metodologia sugerida, apontando os "vícios" que pretendemos estar suprimindo e outros "vícios" eventualmente propiciados por esta tentativa de imprimir novos rumos ao ensino da Física.

Em nossa avaliação precedente desse ensino, nos cursos de segundo grau, um dos aspectos que julgamos responsáveis pelo atual estado de coisas, foi o conteúdo, não por ser a Física a Ciência que é, mas pela tradição formalista com que é apresentada, onde praticamente se abandona o tratamento conceitual prático até pelos "transtornos de avaliação" que tal tratamento traria ao sistema escolar.

A esse respeito, a proposta de Óptica que desenvolvemos (e que se insere num quadro mais amplo do conteúdos), constitui, sem ser livro-texto, um avanço em relação aos livros-texto atuais, tanto pelo conteúdo que desenvolve como pela forma de tratamento que preconiza:

- em contraposição à apresentação formal e abstrata de noções e conceitos relativos a Óptica geométrica (que é parte do tema mas não inclui a concepção contemporânea a respeito da luz), apresentamos os processos decorrentes da interação luz-matéria na extensão e na interpretação com que são identificados na atualidade, porém com um nível de abordagem passível de compreensão a um estudante de segundo grau.

- em oposição à "canonização" da Ciência (no duplo sentido de fazê-la canônica e sagrada, distanciada do público leigo), apresentamos o conteúdo a partir de sua incorporação nos elementos de vivência de alunos e professores, numa tentativa de "dessacralizar" os conteúdos

da escola e desmistificar o trabalho científico.

Em nossa avaliação, este material traduz as idéias daqueles educadores que preconizam para o aprendizado escolar um conteúdo significativo e atualizado. Nosso trabalho é um exemplo prático desse "que fazer", não o único, sequer um paradigma, mas com certeza a indicação de um rumo.

A opção pela atual estrutura dos textos decorre de nossa busca de um tratamento pedagógico dos conteúdos que permita ao estudante tornar-se participe ativo em sua formação:

- ao se propor o estudo dos temas a partir de uma abordagem fenomenológica de situações concretas, além de se oferecer informações que "trabalhadas" permitem a generalização dos conceitos, propiciam condições para que o estudante possa relacionar o saber da escola ao "saber da vida", assumindo-os como instâncias complementares (com distintos graus de abstração e coerência) de vivências que não se excluem.

- o deslocamento da linguagem simbólica (matemática) para uma etapa posterior à compreensão conceitual, desmistifica a idéia caricata que o público leigo terminou por introjetar a respeito da Física (e com razão...) e permite que o estudante identifique esse formalismo como uma instância de consolidação do saber elaborado.

- a apresentação da interpretação microscópica dos processos

luminosos, em consonância com os modelos de luz e de matéria também presentes no texto, dá "consistência à abstração requerida por esta etapa do "pensar científico", nessa busca constante da compreensão e domínio da natureza. Note-se que, particularmente nisto, avançamos em abstrações para bem além do que os textos "abstrato-formais" normalmente ousam.

Se por um lado temos a percepção de que o material que elaboramos atende muitas de nossas convicções, por outro temos consciência de que não se trata de um produto "acabado" e detentor de verdade absoluta no que diz respeito ao ensino de Física na escola secundária; ele resulta da reflexão coletiva de um grupo de professores secundários que embora tivessem experiências e formações diferenciadas, tinham como meta a desmistificação da Física no aprendizado escolar, e buscavam alternativas que permitissem tornar o seu aprendizado uma atividade prazerosa, no sentido mesmo da satisfação cultural preconizada por G. Snyders (68). Embora tivéssemos trabalhado com a intenção de acertar, corremos o risco de perpetuar e/ou incorporar alguns "vícios", que revelamos desde já com o intuito de apontar a necessidade de reflexão sistemática e continuada dos conteúdos e das práticas escolares:

- na abordagem dos modelos de luz e matéria, por exemplo, sua apresentação se dá de forma "descontextualizada" relativamente aos determinantes sociais e históricos que propiciaram sua concepção. Esta "ausência de historicidade"

é inibidora da apreensão, por parte do, estudante, nesta etapa de seu pensar "científico". O aluno pode receber tais modelos como uma construção mágica. Principalmente quando consideramos que o professor, em função de suas limitações formativas e das condições precárias em que trabalha, não incorporará em sua prática estes aspectos necessários à apreensão da Ciência, se não forem a isto estimulados. Eis uma lacuna, sanável cremos, de nosso texto.

- ao encaminharmos a interpretação microscópica de caráter ondulatório da luz, nos utilizamos da analogia com as ondas mecânicas; ressaltamos no texto que esta opção foi feita por estas ondas serem mais "paupáveis", apontamos as características que as distinguem das ondas luminosas, apontando sua natureza eletromagnética, cuja compreensão é remetida para o curso de eletromagnetismo. A rigor, deveríamos assumir a proposição do curso de Óptica para uma instância posterior ao de eletromagnetismo pois isto permitiria um estudo mais abrangente da luz, em sua concepção eletromagnética. Neste caso, tratou-se mais propriamente de uma concessão, pois preferimos respeitar a seqüência normal de conteúdos que reserva à terceira série o eletromagnetismo.

- o encadeamento do estudo, a partir do levantamento inicial (com a participação dos alunos), de elementos vivenciais relacionados ao tema, é um procedimento que sugerimos com a intenção de fornecer uma visão globalizada do conteúdo



formal que será desenvolvido a partir da descodificação dos itens arrolados. Este procedimento deveria ter sido repetido em etapas subseqüentes, pois permitiria uma verificação continuada da modificação do saber sistematizado pelo aluno. Noutras palavras, cada novo "levantamento" revelará (ou não) o crescimento de informações, a ampliação da capacidade de abstração, etc.

Apesar destes reparos, acreditamos que este texto onde o concreto não é apenas o ponto de partida, mas também para ele converge após passar pela abstração, e este tratamento que preconiza o diálogo como método de ensino/aprendizagem, possam potenciar no professor e, através deste, no estudante, o desenvolvimento de uma compreensão dinâmica, interativa e crítica do mundo em que vive.

Temos clareza, no entanto, que este material não é auto-suficiente para garantir uma educação dialógica, tampouco para permitir a superação da insegurança do professor, que decorre de sua precária formação acadêmica. Além disso, sua utilização torna-se mais difícil por não dispor de material correspondente para o aluno. Com esses entraves, é certo que "corremos o risco", de que sua utilização (pelos professores reais que temos, nas condições concretas de seu trabalho docente), altere o sentido que a ele atribuímos, pois pressupomos, de início, outra postura do professor, que não a detentor absoluto da verdade e do

conhecimento (e por isso autoritária), postura gerada em parte pelo próprio autoritarismo a que este foi exposto em seu processo de escolarização e em parte como "reflexo defensivo" de sua limitação intelectual.

A superação destas deficiências requer sua própria emancipação, e como aponta H. Japiassu (69), "Nosso processo de emancipação é muito duro. É até mesmo doloroso. Porque exige que assumamos o medo, o desamparo e a incerteza. Ademais exige que assumamos nossa própria condição e nos contentemos com nossa miséria. Temos que aprender a viver na incerteza e na insegurança, pois nosso conhecimento nasce da dúvida e se alimenta de incertezas".

Isto em parte constitui um elemento inibidor de adesões a nossa proposta. Também por isso, ao divulgá-la junto aos professores da rede pública através de encontros e palestras promovidos pelas Delegacias de Ensino e de cursos de extensão universitária, convidamos os participantes a se integrarem em reuniões periódicas, onde os professores elaboradores destes textos se encontram com aqueles que o utilizam na sala de aula para discutir o conteúdo proposto, o planejamento das aulas, as dificuldades e as alternativas encontradas no seu desenvolvimento e para a elaboração das avaliações de material para o uso do aluno.

Estas reuniões de acompanhamento e discussão foram motivadas pela necessidade de suprir a ausência de orientações de caráter pedagógico no corpo do texto (o que

se pretende suprimir com a elaboração de um texto pedagógico), mas evoluíram para a discussão mesmo do conteúdo da Física, para a produção (por parte do professor aplicador) de algum material para o uso do aluno, e também para a discussão dos instrumentos de avaliação de aprendizagem, compatíveis com esta nova concepção de ensino.

Embora estas reuniões tenham se iniciado nas próprias dependências do Instituto de Física dessa Universidade, elas se estenderam para duas outras regiões do Estado: Carapicuíba e Presidente Prudente, onde os professores obtiveram o respaldo das respectivas Delegacias de Ensino, na busca de melhoria da qualidade do ensino. Isto viabilizou a realização de um trabalho sistemático e continuado, do qual temos participado através de cursos de "reciclagem" e de encontros onde o GREF realiza um acompanhamento da aplicação de seu material junto ao aluno, e participa da formação "em serviço" do professor.

Neste sentido, estes professores que se engajaram nesta proposta têm sido co-responsáveis pelas mudanças de rumo que empreendemos (e que exemplificamos no histórico da reelaboração da Óptica).

Embora esta nossa atuação ainda careça de uma avaliação sistemática e consistente, que nos parece difícil de realizar, pois desse trabalho resulta uma mudança qualitativa do professor tanto em sua formação como em sua postura, ela é fundamental para a realização de nosso

projeto educacional, pois representa para o professor (anexo IV), a segurança necessária para a ruptura de sua prática, e disso decorre sua emancipação.

Estes professores, além de viabilizarem a presença de nosso trabalho nas salas de aula, têm demonstrado que estes encontros devem ser continuados e ampliados, pois aliados a algumas condições (como acervo bibliográfico e equipamentos para reprodução de materiais teóricos e/ou experimentais), podem contribuir para a educação permanente do professor, não no sentido de uma sua escolarização continuada, mas no sentido mesmo, de sua participação no debate educacional e no da permanente atualização científica e pedagógica.

Não nos iludimos, porém, quanto à suficiência de nossa atuação junto aos professores que já estão inseridos no mercado de trabalho (no anexo V mostramos alguns números). De fato é lamentavelmente ainda muito pequeno o engajamento, como decorrência da excessiva jornada de trabalho a que se submetem e que não permite à maioria, o envolvimento necessário para superar as dificuldades geradas por material inovador, especialmente o nosso que estimula a curiosidade do aluno, e compele o professor a "entrar no mérito" das questões. Entretanto, acreditamos que ela decorre particularmente da resistência à mudança que o GREF preconiza, por isso sustentamos que nesse trabalho de recomposição da competência do professor e da qualidade da

escola, não nos devemos eximir de repensar a qualidade da formação dos futuros professores, particularmente daqueles que atuarão profissionalmente na rede pública.

Esta também tem sido uma das preocupações que permeiam nossa reflexão, e que vem convergindo para o desdobramento desse nosso trabalho: a divulgação do material que produzimos junto aos professores de terceiro grau, que atuam diretamente na formação acadêmica dos futuros professores do segundo grau, seja no sentido de adaptar este material para a formação em Física no ciclo básico, seja em sua utilização nas disciplinas de Instrumentação ou Prática de Ensino de Física.

Por tudo isto, postulamos que este nosso esforço continuado.

#### IV. ALGUMAS CONSIDERAÇÕES COMPLEMENTARES

O trabalho que resultou na reelaboração da Óptica para professores da escola pública se integra numa concepção do ensino de Física para os cursos de segundo grau, consistente e compatível com uma educação voltada para a formação do estudante, não só como futuro vestibulando, mas principalmente como cidadão.

Entretanto, nosso repensar do ensino de Física dá conta apenas dos conteúdos (e implicitamente do método) de uma única disciplina a que os estudantes são expostos nesse grau de ensino. Por isso enfatizamos a necessidade de se repensar também as demais disciplinas, o que já acontece com a Química, por exemplo, (através do GEPEQ, Grupo de Estudos e Pesquisa do Ensino de Química), no Instituto de Química da Universidade de São Paulo, que à maneira do GREF vem discutindo os conteúdos e propondo materiais instrucionais para um ensino de Química comprometido com a formação do estudante enquanto cidadão. A tese de doutoramento de M.Lufti (70) revela outro esforço independente em direção semelhante.

Os problemas da educação, no âmbito específico da escola, não se restringem àqueles que apontamos relacionados ao segundo grau. Nos ativemos a ele neste trabalho, apenas por ser onde se deu nossa vivência profissional, que embasa nossa crítica e dá origem à nossa proposição.

Estes problemas se repetem, até agravados, no ensino de primeiro grau, e se no "atacado" dão configuração àquele quadro que apontamos no início desta dissertação, no "varejo" da Física, eles produzem um simulacro da educação, domesticadora sobretudo, pois leva a memorizar o incompreendido para conseguir a aprovação servil. O que se "aprende" é a farsa, a cumplicidade, a negação da curiosidade, a subserviência.

Já surgem, felizmente, propostas alentadoras no sentido de reverter este tratamento grotesco da física no primeiro grau, por exemplo, no trabalho de A.F.F.Neto (71), ao dissertar sobre "A Física, o Lúdico e a Ciência no 1º grau", onde apresenta sua contribuição para o ensino da Óptica nas séries elementares, trabalho que se complementa na dissertação de O.Mattasoglio Neto (72) e também na de R.B.Camargo (73) que apontam alternativas para a recomposição da competência em Física dos professores das séries iniciais dos cursos de primeiro grau.

Estes repensares, contudo, mesmo consonantes com as expectativas daqueles professores insatisfeitos com o resultado de sua prática escolar, e mesmo apresentando proposições compatíveis com a realidade concreta das escolas públicas, são ainda incipientes, carentes de uma estratégia que alcance a base educacional ou altere o quadro institucional. Muitos deles têm permanecido no âmbito restrito das bibliotecas das Universidades, o que não

significa que tenham sido esforços irrelevantes. Como nosso trabalho, indicam rumos.

Isto em parte, é decorrência direta da função normatizadora assumida pelas editoras comerciais, que no afã dos lucros obtidos pela vendagem dos livros didáticos, distribuem gratuitamente ao professor as versões daqueles textos (sequer avaliados) que devem ser adotados para o uso dos alunos, e nesse particular, não vêem sentido na edição de materiais instrucionais distintos daqueles que tem mercado garantido, e que trazem aqueles conteúdos também já cristalizados pelos exames vestibulares. Portanto, uma dupla "garantia" para o professor já destituído por formação de capacidade crítica sobre o sentido de seu trabalho.

Não devemos, contudo, atribuir aos editores o papel de algozes do ensino público, tampouco o de execradores do trabalho acadêmico, pois operam com "realismo", num mercado editorial sem outras diretrizes que não o bolso do consumidor e o "nível" do professor.

Por isso também, sustentamos a necessidade de um maior envolvimento da Universidade não só na produção de trabalhos proposicionais, mas também na elaboração de estratégias que permitam que eles cheguem ao professor e se lhes possam constituir elementos para sua educação continuada, não conformadora e não reprodutora dos mesmos vícios originais que se quer superar.



Esta função de polo difusor da cultura elaborada não esgota a participação que atribuímos à Universidade nessa formação continuada do professor que já tenha terminado sua escolarização. Ela deve assumir a recomposição cultural (não no sentido profissionalizante estrito) desses profissionais, que não seja episódica ou aleatória, mas pensada em termos de um projeto amplo. Neste projeto, os cursos e as atividades deveriam ser propostos articuladamente prevendo formas de interação (inclusive à distância) que não excluam sequer o professor que não tem tempo para assistir cursos.

Isto não exime a Universidade, ainda, de repensar os mecanismos que selecionam os candidatos às suas vagas. Pelo contrário, muito do que assistimos hoje nas escolas públicas dos graus precedentes decorre da omissão das Universidades Públicas na formação efetiva daquela parcela de candidatos aos cursos de licenciatura que, excluída de seus quadros, vai obter sua (de)formação acadêmica naquelas faculdades de ensino massificado que, ao invés de curso superior, de fato reproduzem os cursos de segundo grau, até nos materiais que utilizam.

À Universidade, cabe ainda a condução da discussão do outro aspecto que julgamos essencial à recomposição da qualidade do ensino de segundo grau: a redefinição de sua finalidade social, tarefa inadiável, posto que de sua indefinição decorre a própria oscilação da oferta do segundo

grau: ora estritamente propedêutico, portanto pérfido, ora estreitamente profissionalizante, por isso mutilado. Dois aspectos complementares da subtração do saber elaborado aos estudantes que provêm dos extratos sociais economicamente frágeis e culturalmente segregados.

É claro que estas realizações que defendemos não são suficientes em si para dar conta da superação dos problemas da educação, eles são decorrentes também (e principalmente) de fatores externos à escola. Elas nos habilitam, contudo, à luta mais ampla, política mesmo, por uma educação de qualidade, e esta, sem dúvida é praticamente impossível de se obter na situação de indigência em que vive grande parte de nossa população.

Se quisermos, portanto, realizar uma sociedade efetivamente democrática, devemos buscar a reversão desse cenário escolar. Esse debate transcende em muito nossa dissertação. Sua continuidade é inevitável, essencial!

## ANEXO I - ASPECTOS DA NATUREZA DA LUZ PRESENTES NOS TEXTOS DIDÁTICOS

### "1. A NATUREZA DA LUZ

O estudo da luz apresenta grande importância na Física, pois a maior parte das informações que chegam até nós é transmitida pela luz.

Numa primeira análise, percebemos que a produção de luz está sempre associada ao "consumo" de um determinado tipo de energia, como, por exemplo, em uma lâmpada (energia elétrica), em uma fogueira (energia térmica), etc.

Como já vimos anteriormente, de acordo com a Lei da Conservação da Energia, a energia não pode ser criada nem consumida, podendo apenas transformar-se de um tipo em outro. Assim, podemos concluir que a luz é uma forma de energia

A luz é uma forma de energia capaz de sensibilizar nossos órgãos visuais."(1)

---

### "44 - QUE É LUZ?

Além das ondas mecânicas de que o som é um exemplo, e que só se propagam através da matéria, existem as chamadas ondas eletromagnéticas com algumas características diferentes:

Transportam energia sem necessidade de matéria; ao contrário diminuem sua velocidade de propagação quando

penetram em um meio material, como se fosse matéria sendo freitada pela matéria contra a qual se choca.

E o que acontece com a energia que vem do sol através do vácuo, sob a forma de luz e de radiação térmica (calor). Sua velocidade de propagação diminui ao penetrar na atmosfera terrestre, diminuindo mais ainda quando através da água ou de um vidro.

Todas as ondas eletromagnéticas, inclusive as de rádio e de radar, se propagam no vácuo com a mesma velocidade, qualquer que seja a fonte de origem: aproximadamente 300.000 km/s. Assim, a luz leva um segundo para vir da Lua à Terra e 8 min do Sol à Terra.

Já em um meio material, além de serem menores que aquele valor, as velocidades de propagação das ondas eletromagnéticas não são iguais, dependendo da fonte. No caso da luz, cada cor (cada freqüência) tem uma velocidade diferente. A luz amarela se propaga na água a 230.000 km/s aproximadamente. Quanto maior a freqüência, menor a velocidade.

No ar, a velocidade de propagação da luz de qualquer freqüência (qualquer cor) é praticamente igual à velocidade no vácuo. Seu valor é, em geral designado por  $c$ .

Todas as ondas, mecânicas ou eletromagnéticas, ao encontrarem uma superfície de separação de dois meios, geralmente sofrem os fenômenos de reflexão e refração: a

energia transportada se divide em duas partes, uma que se propaga no primeiro meio (onda refletida) e outra que penetra no segundo meio (onda refratada)".(2)

-----

"Natureza ondulatória da luz. Em seu Tratado da Emissão, publicado em 1675, Newton considerou a luz constituída por um conjunto de corpúsculos materiais em movimento, cujas trajetórias seriam retas. Seu contemporâneo Huygens sugeriu que os fenômenos de propagação da luz seriam mais bem explicados se a luz fosse considerada uma onda.

No início do século XIX a hipótese corpuscular da luz, proposta por Newton, foi definitivamente abandonada, passando-se a considerar a luz como uma propagação ondulatória, graças aos trabalhos do físico, botânico e médico inglês Young. No entanto, evidências mais recentes mostram que ao lado das ondas a luz transporta corpúsculos de energia, chamados fótons, apresentando, então, uma natureza dual, segundo teoria do físico francês Louis de Broglie.

Em nosso curso podemos considerar que a luz corresponde a um transporte de certa energia, chamada energia radiante. Este tipo de energia se propaga por meio de ondas eletromagnéticas, que estudaremos no terceiro volume. Tais ondas, além de não necessitarem de um meio material para a sua propagação - podendo, portanto, propagar-

se no vácuo - , possuem uma enorme velocidade. No vácuo, a velocidade de propagação da luz (c) vale, aproximadamente:

$$c=3,00.10^5 \text{ km/s} = 3,00.10^8 \text{ m/s}$$

Em geral, somente uma parcela da energia radiante propicia sensação de visão, ao atingir o olho. Esta parcela é denominada energia luminosa, ou simplesmente luz. A luz difere das outras ondas eletromagnéticas pela sua frequência característica, que vai aproximadamente de  $4.10^{14}$  Hz até  $8.10^{14}$  Hz.

Como a luz tem caráter ondulatório, propagando-se em três dimensões, ela apresenta os fenômenos de reflexão, refração, difração e interferência, do mesmo modo que as ondas bi-dimensionais já estudadas." (3)

---

**"AS IDÉIAS DE NEWTON SOBRE A NATUREZA DA LUZ  
E AS CORES DOS CORPOS"**

Embora os trabalhos de Newton relacionados com a Mecânica tenham sido aqueles que lhe deram maior renome, os estudos e teorias que ele elaborou no campo da Óptica foram também muito importantes. Em sua obra, "Opticks", publicada em 1704, Newton desenvolve um estudo bastante amplo sobre os fenômenos luminosos. Duas das idéias defendidas por Newton neste tratado serão apresentadas e comentadas a seguir: sua concepção sobre a natureza da luz e uma teoria das cores dos corpos.

Conforme foi dito no início do capítulo XV, desde a Antigüidade alguns filósofos gregos acreditavam que a luz era constituída de pequenas partículas, propagando-se em linha reta com velocidade muito grande. Estas idéias prevaleceram durante vários séculos até que, por volta de 1500, Leonardo da Vinci, percebendo a semelhança entre a reflexão da luz e o fenômeno do eco, levantou a hipótese de que a luz, como o som, poderia ser um tipo de movimento ondulatório.

Estas duas concepções sobre a natureza da luz deram origem, no século XVII a duas grandes correntes do pensamento científico: uma delas, liderada por Newton, favorável à idéia de que a luz era constituída de partículas (modelo corpuscular da luz) e a outra, tendo a frente o físico holandês C. Huyghens, defendendo a hipótese de que a luz seria uma onda (modelo ondulatório da luz). Esta divisão de opiniões provocou uma intensa polêmica entre estes dois eminentes cientistas que se tornou célebre na história da Física. Um esclarecimento para esta disputa só veio ser alcançada no século XIX, muitos anos após a morte de Huyghens e Newton.

Tentando justificar o seu modelo corpuscular, Newton chamou a atenção para o fato de que pequenas esferas, colidindo elasticamente contra uma superfície lisa, são refletidas de tal modo que o ângulo de incidência é igual ao ângulo de reflexão, exatamente como acontece com a luz.

Portanto, em relação ao fenômeno da reflexão, é válido considerar um feixe de luz como constituído por um conjunto de partículas que se refletem elasticamente ao encontro de uma superfície lisa.

Para descrever como Newton explicava o fenômeno da refração, consideremos a figura 16-33. Nesta figura, um feixe luminoso propagando-se no ar (meio 1) refrata-se ao penetrar na água (meio 2), aproximando -se da normal, como já sabemos. Segundo Newton, isto ocorre porque as partículas que constituem o feixe, ao se aproximarem da água, seriam solicitadas por uma força de atração  $F$ , que provocaria uma mudança na direção do movimento destas partículas (figura 16-43). Portanto a ação desta força sobre as partículas seria responsável pela refração do feixe luminoso.

Observe que, como consequência desta ação, as partículas teriam sua velocidade aumentada ao penetrarem na água, isto é, deve-se ter  $v_2 >$  do que  $v_1$  na figura 16- 43. Em outras palavras, de acordo com o modelo corpuscular de Newton, a velocidade da luz na água deveria ser maior do que no ar. Naquela época não foi possível verificar se esta conclusão era correta, pois não eram conhecidos métodos capazes de medir a velocidade da luz com precisão suficiente.

O modelo ondulatório, defendido por Huyghens também conseguia explicar satisfatoriamente a reflexão e refração da luz, isto é, como veremos no capítulo seguinte,



uma onda qualquer se reflete e se refrata seguindo as mesmas leis da reflexão e da refração do feixe luminoso. Assim, as duas teorias sobre a natureza da luz apresentavam-se igualmente válidas e era muito difícil optar por uma delas.

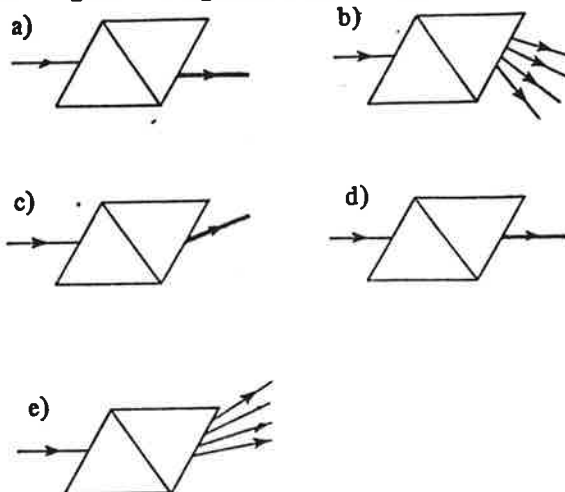
Entretanto, no início do século XIX, foi possível observar com a luz, o fenômeno de interferência (que também será estudado no capítulo XVII). Como a interferência é um fenômeno característico do movimento ondulatório, o fato de ser possível observá-lo com feixes luminosos apresenta-se como uma evidência extremamente favorável ao modelo ondulatório. Apesar disso, em virtude do grande prestígio de Newton, o modelo corpuscular continuava a ser aceito por uma significativa parcela da comunidade científica da época (principalmente na Inglaterra). Em 1862, um acontecimento importante dava fim à esta disputa que vinha se prolongando por mais de 150 anos. Como foi mencionado na "leitura" do capítulo anterior, neste ano o físico francês Foucault conseguiu medir a velocidade da luz na água, verificando que seu valor era menor do que no ar. A teoria corpuscular de Newton, conforme vimos, ao explicar a refração previa exatamente o contrário. Desta maneira, as idéias de Newton sobre a natureza da luz tiveram que ser definitivamente abandonadas, pois elas levavam a conclusões que entravam em desacordo com os resultados experimentais". (4)

ANEXO II - QUESTÕES DE ÓPTICA EM ALGUNS EXAMES VESTIBULARES, ELABORADOS PELA FUVEST.

A- Envolvendo a primeira fase (conhecimentos gerais)

1977 - 1ª Exame (entre 17 questões de Física)

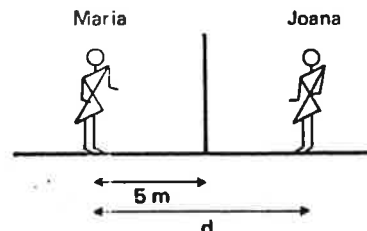
109 - Um feixe de luz branca incide sobre um conjunto de dois prismas de vidro idênticos, justapostos e imersos no ar, como mostram as figuras. A luz após atravessar os prismas, emerge do lado oposto. A figura que representa melhor o fenômeno é:



1977 - 2ª Exame (entre 15 questões de Física)

50 - Maria e Joana são gêmeas e têm a mesma altura. Maria está se olhando num espelho vertical e se encontra a 5 metros deste. O espelho é retirado e Maria ve Joana na mesma posição e com as mesmas dimensões com que via sua própria imagem. A distância  $d$  entre Maria e Joana, nestas condições, é:

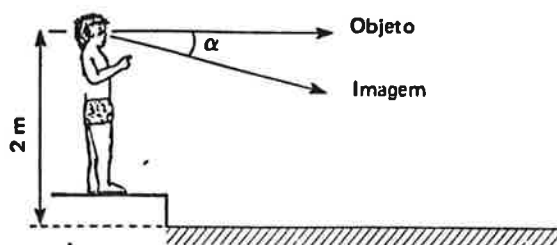
- a) 5 metros
- b) 7,5 metros
- c) 10 metros
- d) 15 metros



e) 20 metros

1977 - 3ª Exame (entre 15 questões de Física)

22 - Um esportista, próximo à borda de uma piscina, com os olhos a 2,0 metros acima do nível da água, observa simultaneamente um objeto e a imagem deste último refletida na água, como indica a figura, onde  $\sin \alpha = 0,45$ ;  $\cos \alpha = 0,90$  e  $\operatorname{tg} \alpha = 0,50$ .

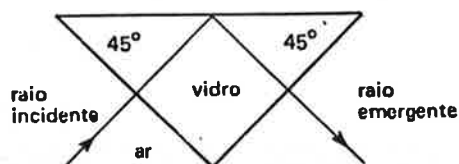


A distância do objeto ao esportista vale, aproximadamente:

- |               |               |
|---------------|---------------|
| a) 2,0 metros | d) 8,0 metros |
| b) 3,6 metros | e) 9,0 metros |
| c) 4,0 metros |               |

1978 (entre 15 questões de Física)

55 - Alguns instrumentos de óptica utilizam prismas "de reflexão total" como espelhos, como no caso da figura:



O mínimo valor do índice de refração do vidro deste prisma deve ser, aproximadamente:

- a) 2,0 metros
- b) 1,73 metros
- c) 1,41 metros
- d) 1,0 metros
- e) 0,707 metros

1979 (entre 12 questões de Física)

44 - Na formação das imagens na retina da vista humana normal, o cristalino funciona como uma lente

- a) convergente, formando imagens reais, diretas e diminuídas;
- b) divergente, formando imagens reais, diretas e diminuídas;
- c) convergente, formando imagens reais, invertidas e diminuídas;
- d) divergente, formando imagens virtuais, diretas e ampliadas;
- e) convergente, formando imagens virtuais, invertidas e diminuídas.

48 - Um feixe de luz propaga-se no interior de um vidro homogêneo. Quando este feixe atinge a superfície de separação do vidro com o ar, podemos afirmar que seguramente ocorre:

- a) refração  
 b) difração  
 c) dispersão  
 d) Interferência  
 e) reflexão

1980 - (entre 12 questões de Física)

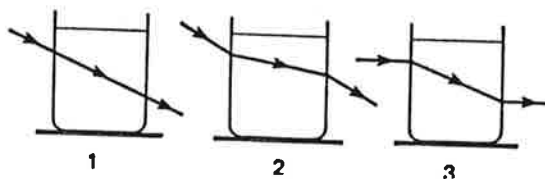
61 - Através do espelho (plano) retrovisor, um motorista vê um caminhão que viaja atrás do seu carro. Observando certa inscrição pintada no pára-choque do caminhão, o motorista vê a seguinte imagem:

SORRIA

Pode concluir que a inscrição pintada naquele pára-choque é:

- a) AIRROZ  
 b) YIHUOS  
 c) SORRIA  
 d) ZORRIA  
 e) SOHHIV

67 - Um menino possui um aquário de forma cúbica. À noite ele joga pó de giz na água para observar a trajetória do feixe de luz de uma lanterna. Os três esquemas abaixo representam supostas trajetórias para um estreito feixe de luz que atravessa o aquário:



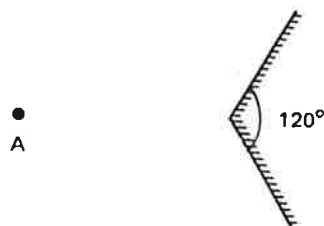
Quais desses esquemas são fisicamente realizáveis?

- a) 1 e 2                      d) só 2  
 b) 2 e 3                      e) só 3  
 c) só 1

1981 - Entre 12 questões de Física

15 - Dois espelhos planos verticais formam um ângulo de  $120^\circ$ , conforme a figura. Um observador está no ponto A. Quantas imagens de si mesmo ele verá?

- a) 4  
 b) 2  
 c) 3  
 d) nenhum  
 e) infinitas



SEGUNDA FASE

1977 - 1º Exame (entre 20 questões de Física)

O enunciado seguinte refere-se as questões 23 e 24:

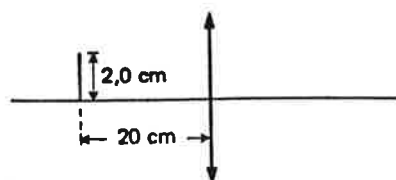
Uma câmara fotográfica, com uma objetiva constituída por uma lente delgada de 10 cm de distância focal, produz uma imagem, sobre um filme de  $8,0 \times 8,0$  cm<sup>2</sup>. É utilizada para fotografar documentos situados a uma distância de 60 cm da objetiva.

23. A que distância da objetiva se encontra o filme?

24.- Quais são as dimensões do maior documento que se pode fotografar com essa câmara nas condições descritas acima?

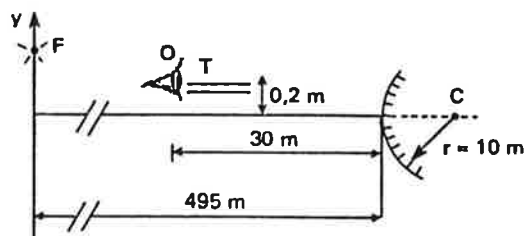
1977 - 2º Exame (entre 20 questões de Física)

23.- Determine a dimensão e a posição da imagem de um alfinete de 2,0 cm de altura, que se obtém com uma lente convergente de distância focal igual a 10 cm, colocado como indica a figura.



O enunciado refere-se as QUESTÕES 17 e 18.

Um observador O olha para um espelho esférico através de um tubo T de pequeno diâmetro. Uma fonte luminosa F se desloca ao longo do eixo y, conforme mostra a figura.



17. Determine a ordenada  $y_f$  ??? da fonte F, na situação em que o observador pode enxergá-la.

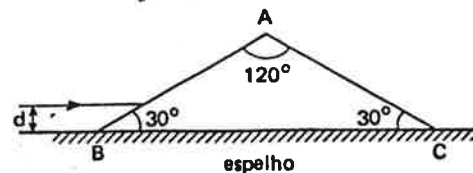
18. Determine a posição aproximada da imagem de F vista pelo observador.

1978 (entre 20 questões de Física)



27 - Deseja-se determinar a distância focal de uma lente convergente. Faça o esquema de uma montagem adequada para determinar experimentalmente o valor da distância focal, da lente, justificando a solução proposta e indicando o material utilizado. (O índice de refração da lente é desconhecido)

38 - Um prisma isósceles de ângulo  $120^\circ$  e índice de refração  $n$  tem sua base BC espelhada. Um raio luminoso, contido num plano de seção reta do prisma, paralelo à base e distando desta de  $d$ , incide sobre a face AB.



a) esboce o caminho do raio no interior do prisma e depois de mergir deste.

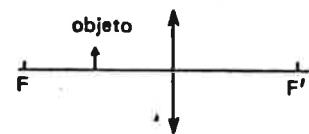
b) Qual é o ângulo de incidência do raio luminoso sobre a face espelhada?

1979 - Entre 20 QUESTÕES DE FÍSICA

3 - Um objeto luminoso de 1,0 cm de altura está a 5,0 cm de uma lente convergente de 10 cm de distância focal (vide figura)

a) Qual a posição da imagem?

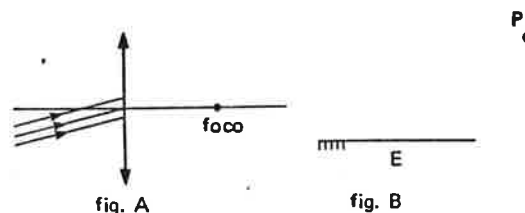
b) Fazer o traçado dos raios.



## 1980 - Entre 20 QUESTÕES DE FÍSICA

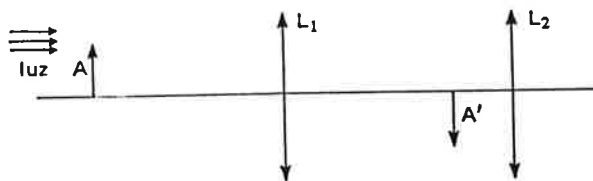
6.a) Na figura A está representada uma lente delgada convergente e 3 raios paralelos incidentes. Copie a figura na folha de respostas, completando a trajetória dos raios luminosos.

b) Na figura B está representado um ponto luminoso P e um espelho plano E. Copie a figura na folha de respostas, e desenhe a região dentro da qual deve estar o olho do observador para que ele veja a imagem do ponto P.



## 1981 - Entre 20 QUESTÕES DE FÍSICA.

19 - Um objeto A está situado a 5 cm de uma lente convergente  $L_1$ , cuja distância focal é 4 cm. Uma segunda lente convergente, idêntica a anterior, é colocada a 2 cm de distância da imagem  $A'$ . A figura ilustra o esquema.



a) A que distância de L1 encontra-se L2?

b) Qual a ampliação do sistema L1L2?

20 - Um feixe de luz monocromática de frequência  $5 \times 10^{14}$  Hz, à velocidade de 300.000 km/s, penetra numa barra de vidro de índice de refração. Pede-se:

a) o ângulo de refração, quando o feixe incidente forma um ângulo de  $45^\circ$  com a normal:

b) o comprimento de onda desta luz no vidro.

### ANEXO III - HISTÓRICO DO GRUPO DE REELABORAÇÃO

A origem desse projeto que buscou a reelaboração do conteúdo de física para os cursos de segundo grau, não se diferencia muito daquela dos seus semelhantes.

Como relata o Boletim nº 0, as questões que o motivaram:

"O ensino da Física tem cumprido sua função? Dá ao cidadão em geral a formação e as informações que lhes permitam compreender o mundo físico ao seu redor? Dá ao futuro universitário o embasamento necessário para a continuação do aprendizado a um nível mais avançado de abstração?

Será que o problema, ao ensinar física, é meramente uma questão didática do professor? Falta de base do aluno? Conteúdo que é ensinado?...

Está o aprendizado da física vinculado a uma compreensão de situações reais, tanto do cotidiano do cidadão como do cotidiano do sistema produtivo?

Será que a física que nós ensinamos hoje serve ao cidadão que é aluno do segundo grau? Será que servirá ao futuro engenheiro, bancário, médico, comerciário, professor, operário?" (1)

No mesmo boletim, explica-se que esta reunião dos professores de segundo grau foi-se efetuando em um primeiro

momento, de maneira informal, por um período de cerca de três anos:

"1980 - 1981 - Artigos na Revista de Ensino de Física estimularam a busca de alternativas, procurando dar à Física caráter mais prático e mais crítico.

1981 - Encontro promovido pela APEOESP, pôs em contato professores de segundo e terceiro graus para discussão de seus problemas, surgindo, então, um esboço de alternativa.

1982 - Curso oferecido pela USP a professores do Segundo grau ("Física das Coisas") aprofundou algumas questões e revelou a extensão da tarefa ainda por realizar.

1983 - Concebeu-se um projeto de "Reelaboração Crítica do Ensino de Física" e tentou-se buscar apoio para ele.

1984 - No primeiro semestre conseguiu-se o aval da Secretaria da Educação para que alguns professores pudessem se dedicar à realização do projeto enquanto o Instituto de Física da USP ofereceu instalações para sediá-lo.

No primeiro semestre obteve-se a aprovação de um pedido de financiamento junto à CAPES para custeio operacional do projeto."(2)

Assim a origem "oficial" do projeto remonta a 1984 e nossa meta inicial era a discussão e produção de matérias

que se constituíssem em apoio para os professores da física de primeiro e segundo grau, e buscaríamos os elementos dessa construção no cotidiano das pessoas, como conta o mesmo Boletim:

"Acreditamos que o aprendizado da física deve ser iniciado pela análise de situações reais, pois, ao entrar na escola, o estudante já sabe muito sobre elas. A discussão dos fenômenos deve levar ao estudo das teorias, enquanto construções intelectuais que possibilitam uma maior capacidade de unificar diversos fenômenos. Por isso, a partir das máquinas, instrumentos, ferramentas e fenômenos naturais, acreditamos que possamos discutir com mais propriedade os conceitos da física e seu formalismo, facilitando a compreensão do mundo contemporâneo.

Como o desenvolvimento da ciência não é independente do desenvolvimento das forças produtivas da sociedade, seu aprendizado não deve ser estruturado marginalmente ao contexto social e às condições sócio-econômicas. Isto nos leva a estudar a história da ciência com o objetivo de situar o desenvolvimento da física no contexto das transformações sociais e assim discutir as teorias inseridas na economia, na política e na cultura das sociedades que as produziram. Outro aspecto que nos tem preocupado é que não devemos apresentar as teorias da física como se fossem fatos e os modelos como se fossem realidade. Temos procurado, na história da ciência, elementos para um

melhor entendimento das teorias físicas utilizadas, procurando mostrar que, no decorrer da história, já houve outras interpretações da natureza e que algumas teorias são preferidas em detrimentos de outras."(3)

Assim, o apoio do IFUSP e da Secretaria da Educação garantiram o espaço real e formal de ação necessário à realização de nossas metas, o primeiro cedendo as instalações físicas como sala, xerox, biblioteca e telefone..., e permitindo que Luis Carlos de Menezes, Yassuko Hosoume e João Zanetic (professores de seu quadro) dedicassem parte de seu tempo de trabalho à orientação dos professores de segundo grau; a segunda, afastando dez professores da rede pública (com remuneração) para o trabalho de reelaboração e fornecendo o papel necessário à impressão dos primeiros textos.

O atraso na remessa de recursos, pela CAPES, dificultou a participação de outros professores de segundo grau, que nesta fase assumiram a tarefa sem remuneração.

Com o grupo inicial de professores reelaboradores, em 1984 optou-se por trabalhar, em um primeiro momento em três temas: Mecânica, Termodinâmica e Eletromagnetismo:

MECÂNICA -

(VETORES): João Carlos Bório (CAPES/PADCT)  
Elizabeth Baroli (CAPES/PADCT)  
Rubens B. de Camargo (CAPES/PADCT)

(ESTÁTICA): Ana Cecília Copelli (CENP/S.E.)  
Aurélio Gonçalves Fo. (CENP/S.E.)  
Suely Baldin Pelaes (CENP/S.E.)

ELETRICIDADE-

Carlos Toscano (CENP/S.E.)  
JAiro Alves Pereira (CENP/S.E.)  
Maria Inês Nobre (CENP/S.E.)

FÍSICA TÉRMICA -

Fátima Cruz Sampaio (CENP/S.E.)  
Maria Sumie W. Sátiro (CENP/S.E.)  
Paulo Alves de Lima (CENP/S.E.)  
Péricles L. de Oliveira (CENP/S.E.)

A partir de 1985, o grupo iniciou a pesquisa de mais um tema:

ÓPTICA -

Maria Lúcia Ambrózio (CENP/S.E.)  
Jane Maria Dafferner (CAPES/PADCT)

De início, não se tinha a pretensão de desenvolver textos com as características que possuem nessa versão mais atual, também não se tinha claro de que forma o resultado de nosso trabalho chegaria até os colegas que continuavam nas escolas, como é possível identificar nas atas das reuniões iniciais:

Em 12/2/84 foi colocada em discussão pelo grupo a necessidade de introduzir no ensino de física, onde



geralmente se estuda apenas as teorias acabadas, os assuntos que ainda estão sendo pesquisados:

"-uma proposta de como passar estes assuntos para o professor;

-a importância do modelo na ciência, pois uma coisa é ter informação sobre, outra coisa é pensar como;

-qual o mecanismo para passar a "visão da física."

Nessa reunião que teve as discussões embasadas na experiência e nas expectativas de cada um dos integrantes, do grupo é possível identificar através de sua ata, a diversidade de preocupações, decorrentes, naturalmente, da diversidade de experiências de vida e da própria experiência profissional; ao mesmo tempo que tínhamos professores com titulação acadêmica, também tínhamos outros praticamente recém formados:

"- é necessário produzir um material que dê condições ao professor de superar o que está fazendo;

- a Física tem também que ensinar o prático. Ela é extremamente adequada para mostrar o lado histórico e transformador e é muito aberta.

- esta não é uma proposta para acabar com o ensino da Física e dar história da ciência, mas a história da ciência também é necessária.

- devemos ter sempre em mente a mudança de nossa atitude como professores.

- nosso trabalho deve ser uma alternativa ao treinamento...

- não tem sentido escrever um livro...

- a dinamização daquilo que estamos fazendo, não deixar que seja uma coisa de cima para baixo.

- necessidade de modificação do próprio professor

- primeiro contato: escrever a proposta pois fica mais claro para nós e é um primeiro contato com os professores.

- não deixar virar um texto técnico

- aprendizagem: só se aprende se tivermos um problema para resolver.

- gostaria de continuar dando aulas

- devemos produzir alguma coisa que facilite o professor sair do tradicional.

- acho que a Física das coisas deve ser produzida, organizando um material de apoio para os professores que querem desenvolver um trabalho desse tipo.

- o material de apoio não deve ser algo tipo cartilha, nem uma coletânea de aulas porque ninguém lê. Deverá ter a estrutura dos cursos mostrando os vários caminhos que poderão ser seguidos, com a discussão conceitual dos elementos e as relações entre eles. Tem que ser feito de maneira tal que o professor possa tomar decisões sobre o que fazer.

- devemos preparar o jornal (que seria distribuído pela S.E.) de tal maneira que o professor goste de ler pois aquele que já se preocupa com sua atuação como professor, sentirá que

tem mais gente com quem poderá trocar idéias e aquele que ainda está desligado, quem sabe se interessará por nosso trabalho.

- pensou que deveria fazer um trabalho escrito para o aluno e depois trabalhar com o professor

- acha que deve haver mais que uma metodologia pois deve ter outros conhecimentos que o aluno não consegue aprender com o método normal.

- devemos manter a rede atualizada de preferência ao vivo

- acha perigoso o afastamento total pois corremos o risco de construir uma torre de marfim

- devemos tomar alguns objetos de estudo e procurar os conceitos físicos do objeto, relacionando-o com a sociedade.

- espera que seja preservado o respeito mútuo na heterogeneidade de pontos de vista e de competência pois algumas pessoas trabalharão em condições diferentes das outras." (4)

Desse modo, não se pode afirmar que o Gref se pautou por uma metodologia pré-determinada, ou que a forma de apresentação de seu trabalho estava concebida desde o início: eram professores do segundo grau preocupados com sua praxis e professores do terceiro grau conscientes de sua responsabilidade social.

A forma que se encontrou para estabelecer um contato direto com os professores da rede foi a elaboração de um Boletim, algo como um fascículo que durante o projeto foi enviado diretamente aos professores e às suas escolas, que relatava nossas idéias e o andamento do trabalho, como exemplifica o n.º 0.

"O grupo está trabalhando em três grandes temas: mecânica, eletromagnetismo e termodinâmica.

Na Mecânica está sendo abordado a estática e o estudo de vetores. Em estática estamos aprofundando o estudo das máquinas simples, alavancas humanas e estruturas. Pensamos desenvolver os conceitos de força, torque, trabalho e vantagem mecânica que aparecem na operação dos utensílios e ferramentas usados no dia a dia. Pretendemos mostrar a evolução destes conceitos através dos tempos bem como os fatores históricos, sociais, econômicos e culturais que influenciaram essa evolução. Em vetores, a partir do estudo de mapas regionais, chegamos à linguagem vetorial, que é um dos instrumentos matemáticos básicos para o estudo da física.

No eletromagnetismo, a partir da análise das instalações e aparelhos elétricos pretendemos estudar os conceitos usualmente utilizados nesta teoria, por exemplo, corrente, resistência, potência, etc, possibilitando o surgimento de perguntas cujas respostas levem à discussão de conceitos mais abstratos, como por exemplo, campo elétrico, potencial elétrico, etc.

Em termodinâmica estamos estudando fenômenos térmicos a partir da cozinha: refrigeração doméstica, panela de pressão, fogão, botijão de gás, etc."(5)

Este contato foi ampliado, nos encontros que os professores do GREF participaram, nos cursos que foram oferecidos através de convênio entre IFUSP/CENP, nos simpósios e seminários, tanto no Estado de São Paulo como nos demais, mas principalmente pelo contato direto nas escolas e no acompanhamento da aplicação desse material que foi sendo produzido.

Se havia inicialmente alguma restrição quanto à produção de algo como um livro texto, dirigido seja ao

professor ou ao aluno, estas foram sendo dirimidas em função da situação precária em que se encontra o ensino e da falta de materiais compatíveis com a realidade do professor, manifesto através da correspondência que mantivemos, como aponta o balanço da primeira remessa, que respondia ao Boletim nº 0 e que foram apontadas no Relatório Técnico-Crítico (Fev/84 a março/85), enviado à CAPES:

"A maior parte dessa correspondência pedia informações mais detalhadas dos objetivos e atividades do projeto, além da manifestação de interesse pelos seus resultados e por atividades ainda não abordadas: debates para troca de experiências, adequação de materiais já existentes para o ensino de Física no primeiro grau e para cursos de formação de professores, informações e instruções sobre uso de material experimental.

Além dessas sugestões e pedidos, houve solicitação por guias bibliográficos, cursos de reciclagem, aperfeiçoamento e especialização..." (6)

Ainda através desse contato, cada alteração nos rumos do trabalho era comunicada aos professores da rede pública, como exemplifica o Boletim nº 5, nov./87:

"Estamos concluindo o trabalho de elaboração do conteúdo centrado na "Física do Cotidiano". Em alguns temas estão sendo escritos os últimos capítulos enquanto em outros teve início a revisão do material já elaborado. Neste Boletim apresentamos um breve sumário de atualização de cada tema mostrando a presença do GREF em sala de aula durante o ano de 1987. Para o próximo ano a meta central é intensificar a aplicação da proposta nas escolas da Rede Pública através de várias iniciativas: maior número de aplicadores nas diferentes regiões do Estado com assessoramento direto de membros da

## ANEXO IV - OPINIÃO DOS PROFESSORES E ALUNOS

A- Algumas das opiniões dos professores que participaram do curso de óptica em Carapicuíba (FEV 90):

NEIDE - Coordenadora da delegacia de ensino desde 1987 - Acho o GREF importante porque tem continuidade (acompanhamento, discussão, feedback, etc). O GREF deve continuar em Carapicuíba e pede aos professores que pegarem aula de Física que apliquem o GREF. Gostaria de dar aula de Óptica para expressar suas dúvidas.

ADRIANA - Nunca deu aula de Física - achou interessante, veio fazer o curso porque nunca deu aula no colégio.

LUCIANO - Já fez dois cursos do GREF e aplicou Mecânica, Termo e "pedaços" de óptica no ano passado. Na forma que o GREF coloca fica em princípio mais difícil (trabalhoso). Você deixa de perder o aluno de física porque ele vai para saber as coisas. Tira o medo de física. Você aprende junto com o aluno. Tem acessoramento e por isso pode perder o medo. Pretende continuar aplicando.

MARIA DO CARMO (química) - Já aplicou o GREF (mecânica) gostou. Óptica tem a mesma estrutura de Termo e Mecânica. Acha isso muito bom. Os alunos gostam do concreto antes (levantamento e classificação). Ajuda muito. Aplicam sua vida.

CLAUDE - (comunicação e expressão) - esperava encontrar só fórmulas, achando chato, gostou da associação luz/máquina fotográfica.

MARCOS ANTONIO - O GREF dá nova visão, esclarece muitos fatos. Deixa os alunos interessados, faz ele perder o medo.

ELZA - (biologia) gostou do curso. tinha receio de encontrar só fórmulas. Se trabalhasse com física, aplicaria o GREF. gostaria que tivesse um "GREF" em biologia.

ELIANE - (física) - O GREF em Carapicuíba é muito importante porque a maioria dos professores não é formada em Física. Geralmente as escolas são noturnas e o GREF é importante para motivar o aluno. aplicou o GREF sem frequentar reuniões por não poder vir aos sábados (faculdade). Deveria haver essas reuniões no calendário escolar.

RITA - (química) - não dá aula de Física. Fez o curso para ampliar o conhecimento; gostou do curso. Acha importante a interação das áreas. Vai repensar no curso de química o modelo atômico.

ROSELI - (pedagogia) - P1 - Odiava física, química, matemática, veio fazer o curso com medo de só encontrar fórmulas. Tinha trauma. Até que gostei do começo. O curso amenizou o trauma. Acho que foi bem voltado para o que faz parte da nossa vida; ou seja, de coisas que



realmente entendemos ter a ver com a "óptica" e que temos medo de relacionar, por acharmos absurdo. De início pensava que a óptica tinha apenas a ver com lentes, telescópio, etc. Sem relacionar tudo que vemos e enxergamos. E foi também muito boa a classificação em seguida como: produtores (Fontes), refratores, refletores (absorvedores). Deu uma melhor "clareada".

MARIA JOSÉ - (biologia) - 5ª a 8ª - O curso enriqueceu, trabalho a parte de física na 8ª série. O curso foi bom para reforçar os conceitos. Aprendeu mais coisas do olho, das lentes.

MARIA APARECIDA - P1 - Esperava que o curso fosse chato. Achou o curso válido e maravilhoso. Gostaria de participar mais.

ELVIRA - P1 - É a primeira vez que faz um curso. Alguma coisa pode passar para os alunos.

IRENE - (química) - Nunca aplicou Física Gref. Gosta do Gref pelo cotidiano que usa. Os alunos têm medo de física e química, fogem. A receita de óculos foi muito interessante.

RICARDO - (matemática) - Nunca deu aula de física. Veio fazer o curso para aprender, nunca soube física. Sentiu falta de alguns exercícios. Acha que o Gref abriu um novo caminho.

ÉLCIO - Aplicou física térmica e fez o curso de termo e mecânica. Gostou da parte do modelo. Acha que o aluno vai aprender o modelo porque não carrega os vícios como o professor. A integração de áreas é muito importante. É difícil aplicar e o tempo é curto. O aluno do segundo ano cobra a falta de fórmulas.

NELSON - (administração de empresas) - Aplicador de mecânica Gref. Não fez o curso de Termo porque o diretor não deu informação. Ainda não pegou aulas. Veio para aprender física.

PAULO - Não dá aula de física. Os alunos já vêm para o colegial com trauma de 8ª série. Deve existir um acompanhamento para a 8ª série de física. Tem professor que fala bem do Gref mas não aplica.

B- O comentário de uma professora, ao enviar sua opinião sobre o material do GREF:

Na verdade utilizamos as idéias básicas do projeto e procuramos um livro que mostrasse problemas ligados as coisas do dia-a-dia para aplicar em exercícios em sala e colocação nas provas.

Queremos mandar para vocês um dado que talvez passe despercebido, é o seguinte: Tenho uma carga horária de 49 horas-aula efetivas por semana, e como se vê o que sobra para analisar projetos ou mesmo livro realmente é nada. Por isso o professor de 2º grau fica impossibilitado

de remeter uma boa análise de um material didático. A coisa está tão séria que quando uma editora oferece uma obra nova, nós só vamos perceber os defeitos na hora da aula discutindo com os alunos.

"Não temos tempo para pensar e sim para repetir".

---

## 2. Algumas perguntas a alunos da 3ª série.

1. Você se lembra de alguma aula de Física na qual, durante a explicação do professor, evocou alguma coisa de seu cotidiano e conseguiu ligar com aquilo que o professor estava falando? Se você se lembrar de algumas destas situações, descreva um pouco, o que você relacionou com o quê?

- "eletricidade, foi uma explicação que me fez lembrar tudo que eu fazia em casa, isto é, depois que eu ligava o rádio, muita coisa acontecia por dentro dos fios, isto também aconteceu com a televisão e outros aparelhos."

- "ele falou que não podemos ligar aparelhos que tenha voltagem 110 em 220, se não estora. Então lembrei que uma vez no serviço a minha calculadora estourou pois liguei em tomada errada."

- "Deu para ligar muitas coisas com aquilo que o professor demonstrou na aula, de explicação de gravidade voce percebe constantemente, do cabo da panela não esquentar

e o radiador, sendo ambos de cor preta, e a energia ao tomar um choque e saber por que."

- Eu prestei atenção em máquinas que uso diariamente no seu conteúdo que pode transmitir sem perceber. Por que certos aparelhos não podem ser ligados em voltagem maior do que a quantidade de capacidade para ser usado."

- "Uma explicação da instalação elétrica de uma casa, além de ter sido interessante, me fez lembrar do tempo em que fizeram a instalação em minha casa e agora eu entendo o porque daquele monte de fio."

- "Foi sobre a eletricidade, foi sobre a diferença dos aparelhos que podiam ser ligados em 110 v e 220 v, no qual eu não entendia."

- "Foi justamente quando o professor explicava sobre as resistências dos chuveiros, e disse que se podia aumentar a temperatura da água, cortando um pedaço da resistência. Eu já havia feito isso várias vezes só que não sabia porque, só sabia que funcionava."

2. Você acha que as aulas de Fisica servem para alguma coisa?

- "Na minha opinião quando o assunto entra no nosso dia-a-dia, as aulas ficam mais interessantes e há um

grande interesse pelas aulas. Dessa forma as aulas deveriam ser dadas mais na prática."

- "Sim. Além do conhecimento adquirido, apesar de ser muito pouco será necessário pois faz parte do vestibular."

- "Isto é relativo, depende muito da área que você pretende atuar profissionalmente. É necessária para o vestibular. Até agora aulas que eu achei que tiveram mais proveito real foram de eletricidade, pois voce convive integralmente com aparelhos elétricos e é bom ter pelo menos uma noção de instalação, etc."

- "Em termos, porque é sempre bom aprender tudo de física, as vezes você pode precisar. Mas para mim no futuro não servirá no estudo porque não pretendo fazer alguma coisa relacionada com física. Por enquanto tá servindo."

- "Sim: porque através dela temos mais conhecimentos sobre o que utilizamos e que convivemos como por exemplo a eletricidade como é, ou como fazer, estes detalhes que às vezes não sabemos."

- "Sim, essas aulas servem para nos adquirirem um maior conhecimento de como é feito (realizado), e para que serve, enfim nos demonstramos todo o processo deste."

- "Sim, amplia nosso conhecimento e dá certas noções de como manuseia los certos equipamentos."

- "Sim, a aula de física para servir melhor a quem aprende (aluno) devem ser dadas de modo que se use na prática. Algumas aulas que tive foram comparadas com experiências da vida cotidiana e só assim deu para perceber que ela influi muito para nós."

- "Acho que servem para muita coisa, é lógico que para uma pessoa que está pensando em fazer faculdade de física compensa mais, mas todos nós usamos a física mesmo na nossa vida cotidiana."

3. Qual foi a aula de física que você mais gostou?

Por que?

- "Foi a aula sobre instalação elétrica em uma casa, pois foi a 1ª vez que eu aprendi em física alguma coisa de utilidade fora da escola. Foi a única matéria que pude aplicar, pois achei muito interessante saber o que ocorre na minha casa."

- "Foi a que ele explicou sobre como é feita uma lâmpada, e também como é feito uma instalação elétrica em residências, isto me interessou porque é ligado ao nosso cotidiano e muito importante para nosso esclarecimento, portanto temos uma menor chance de nos darmos mal quando teremos de mexer em uma instalação."

- "Nas aulas em que houveram debates"

- "Sobre instalação e eletricidade porque aprendi sobre eletricidade dos aparelhos, como funciona, com duas forças 110 v. e 220 v."

- A aula em que ele explicou sobre a passagem da corrente elétrica ou seja fio com corrente elétrica, para que haja corrente elétrica o circuito deve estar fechado, ou seja ligado a uma fonte de energia elétrica. Fio sem corrente elétrica, circuito aberto"

- "Quanto fomos ao laboratório, e a matéria era sobre Energia elétrica, explicado na prática, como se funciona uma instalação elétrica numa casa, referente para que serve o fuzível"

- "as aulas cujo teve participação geral de todos alunos, com comentário e debates de todos sobre assunto"

- "Relacionado a Eletricidade e Condutividade. Aprendi a economizar energia em casa de acordo com os aparelhos elétricos."

- "A aula prática, porque a gente fica mais entretido do que se ficassemos lendo a aula toda. Gosto de aula prática."

ANEXO V - PROFESSORES-APLICADORES DA PROPOSTA  
GREF, PARTICIPANDO DAS REUNIÕES:

São Paulo - 1986

- 1- Antonio Batista - EEPSEG Augusto Ribeiro de Carvalho
- 2- Isilda Sampaio Silva - EEPSEG Fidelino Figueiredo
- 3- Maria Vicentina Freitas Rodrigues - EEPSEG Gal. Humberto de Souza Melo
- 4- Mitsue Acosta Murakami - EESG Ministro Costa Manso
- 5- Péricles Leocádio de Oliveira - EESG Brasília Machado
- 6- Valdir de Oliveira Santos - EEPSEG Dr. Eduardo Vaz
- 7- Joliane Olschowsky da Cruz Bório - EEPSEG Prof. Architiclino Santos
- 8- Alice Helena Campos Pierson - EEPSEG Prof. Adolfo Gordo

São Paulo - 1987

- 1- José Carlos P. dos Santos - EEPSEG Prof. Alberto Levy
- 2- Mara Franchi Polakiewicz - EEPSEG Prof. Fidelino de Figueiredo
- 3- Marly Machado Campos - EEPSEG Dr. Afranio Peixoto
- 4- Mitsui Acosta Murakami - EESG Ministro Costa Manso
- 5- Péricles Leocádio de Oliveira - EEPSEG Brasília Machado
- 6- Rosa Maria Pires Valério - EEPSEG Jácomo Stavalle
- 7- Almério Melquiades de Araujo
- 8- Elisabete Bertola Bastos
- 9- João Bosco Guerra Lima
- 10- Paulo Firmino dos Santos



São Paulo - 1988

- 1- Dorival Rodrigues Teixeira - EEPSP Seminário Nossa Senhora da Glória
- 2- Ivan Sérgio de Paula Lima - EEPSP Prof. Archiclino Santos
- 3- Sueli Linguanotto Chiarle - EEPSP Guilherme Kuhlmann
- 4- José Carlos S.P. dos Santos - EEPSP Prof. Adalberto Levy
- 5- Denise D'Assumpção Cardoso- EEPSP Prof. Ayres de Moura
- 6- Mitsui Acosta Murakami - EEPSP Ministro Costa Manso
- 7- Rosa Maria Pires Valéria - EEPSP Jácomo Stavalle
- 8- Mabilon A. G. de Vasconcelos - EEPSP Luiz Lustosa
- 9- Marly Machado Campos- EEPSP Dr. Afranio Peixoto
- 10-Mara Franchi Polakiewicz - EEPSP Prof. Fidelino de Figueiredo
- 11-Denise Bozzo - EEPSP Ministro Costa Manso
- 12-Rubens Barbosa de Camargo - EEPSP Augusto Ribeiro de Carvalho

São Paulo - 1989

- 1- José Carlos S.P. dos Santos EEPSP Prof. Alberto Levy
- 2- Sueli Linguanotto Chiarle EEPSP Guilherme Kuhlmann
- 3- Denise D'Assumpção Cardoso - EEPSP Prof. Ayres de Moura
- 4- José Junio Lopes - EEPSP Alberto Torres
- 5- Paulo Lat Lei Lee - EEPSP Gal. A. de Sampaio
- 6- José Renato B. Jardinetti - EEPSP - José Maria R. Leite
- 7- Mabilon Antonio G. de Vasconcelos - EEPSP Major Telmo C. Filho
- 8- Fábio Luiz Braghin - EEPSP - Prof. Romeu de Moraes
- 9- Andrea M. de Fátima Zink - EEPSP Profª Zenaida Vilalda
- 10-Ricardo Bortollette Dourado - EEPSP Brasílio Machado

## São Paulo - 1990

- 1- João Martins - E.E.P.S.G. Prof. M<sup>a</sup> Petronila L.M.Monteiro
- 2- Rosângela A.P.G.Ferreira - E.E.P.S.G. Julia Lopes de Almeida Monteiro
- 3- José Renato B.Jardinetti- E.E.P.S.G. Prof José M.R.Leite
- 4- Luis Paulo de Carvalho - E.E.P.S.G. Orlando Geribòla
- 5- Dorival R.Teixeira - E.E.P.S.G. Carolina C da Silveira
- 6- Márcio de Carvalho Gobbi - E.E.P.S.G. Prof Mauro de Oliveira
- 7- Andréa M<sup>a</sup> de Fátima Zink - E.E.P.S.G Prof<sup>a</sup> Zenaida Vilalda de Araujo
- 8- Sérgio L.V. Caetano - E.E.P.S.G. D. Pedro Villas Boas
- 9- Sueli Linguanoto Chiarle - E.E.P.S.G. G uilherme Kuhlmann
- 10-Ricardo Bortoletto - E.E.P.S.G. Prof Mauro de Oliveira
- 11-Péricles Leocádio de Oliveira - E.E.P.S.G. Brasília Machado

## Presidente Prudente - 1989

- 1- Creuza Gonçalves - (Presidente Prudente)  
E.E.P.S.G. Cel. José S. Marcondes
- 2- Serdilei M. M. de Jesus Martins - (Presidente Prudente)  
E.E.S.G. Monsenhor Sarrion
- 3- Célia de Castro Oliveira - (Rancharia) - E.E.P.S.G. Dr. Benedito M. Barbosa
- 4- José Morais Assis - (M.Paranapanema) - E.E.P.S.G. Prof<sup>a</sup> Zulenka Rapchan
- 5- Francisco Custódio de Souza - (Presidente Prudente)  
E.E.P.S.G. Prof Adolpho A. Mello
- 6- Angela rubia de M. Pero - (Presidente Venceslau)  
E.E.P.S.G. Prof<sup>a</sup> Santa D. D'Incão (CEFAN)
- 7- Maria Wanda Erculani - (Presidente Venceslau) - E.E.P.G.  
Alfredo Marc. Cabral

- 8- Antonio de Melo - (R.Feijó) - E.E.P.S.G. Cleofanio Mota
- 9- Rosenira de Freitas Gazolla - (Presidente Prudente)  
E.E.P.S.G. Profª Olga Y.Yamoshita
- 10-Maria Nanci Lourenço - (Stª Anastácio) - E.E.P.S.G Prof.  
Hemilson C. Magrini

Presidente Prudente 1990

- 1- Sedirlei Mª M. de Jesus Martins - (Presidente Prudente)  
E.E.S.G. Monsenhor sarrion
- 2- Paulo Fernando Carrilho Pereira - E.E.P.S.G. Cel. João  
Gomes Martins
- 3- Rosenira de Freitas Gazolla - (Presidente Prudente)  
E.E.P.S.G Profª Olga Y. Yamashita
- 4- Maria Nanci Luorenço (Stª Anastácio) - E.E.S.G. Prof José  
Augusto Duarte
- 5- Fátima Regina Righette - E.E.P.S.G. Antonio de Almeida  
Prado
- 6- Rita de Cássia Faune Fabris - E.E.P.S.G. Dom Antonio J.  
dos Santos
- 7- Marlene Puga Batista - (Dracena) - E.E.P.S.G  
Profª Julieta Guedes
- 8- Meire Suely M. Pinelli - E.E.P.S.G. Maria Luiza Bastos
- 9- Marcia Hiromi Sato - (Stª Anastácio) - E.E.P.S.G. Carlos  
B.Staut
- 10-Fátima Luiza Davoli Peres - (Sagres) - E.E.P.S.G. Prof  
Waldorimo S. Souza
- 11-Angela R. de M. Pero - (Presidente Venceslau) -  
E.E.P.S.G. Prof Stª Duarte D'Lucas
- 12-Reinaldo Gasparin - (Tarabai) - E.E.P.S.G. Dep. Felício  
Talarai
- 13-Claudeti Amorim Duarte - E.E.P.S.G Profª Angélica de  
Oliveira
- 14-Creuzza Gonçalves Brassal - (Presidente Prudente)  
E.E.P.S.G. Cel. José Soares Marcondes
- 15-Maria Cristina da C. Trindade - (Presidente Prudente)  
CEFAM

- 16-Vagner Camarini Alves - (Presidente Prudente)  
E.E.P.S.G. Monsenhor Sarrion
- 17-Elza Maria G. Mendes - (Stª Anastácio) - E.E.S.G. Prof  
José A. Duarte
- 18-Maria Clara Paiva - (Rosana) - E.E.P.S.G. Francisco  
Piergentile
- 19-Maria Suely da Silva - E.E.P.S.G. Prof Hugo Noelle
- 20-Jair Santos Magalhães Souza - (Junqueirópolis)  
E.E.P.S.G. Ferdinando Jendy
- 21-Roberto Scurachio - (Dracena) - E.E.P.S.G Engª Isac  
Pereira Garlez
- 22-Jurika Konaishi - E.E.P.S.G. Prof Salvador R. de Moura
- 23-Antônio de Melo - (Osvaldo Cruz) - E.E.P.S.G. Cleófano M.  
Taciba
- 24-Marli Cardoso Ferreira - (Presidente Prudente)  
E.E.P.S.G. Monsenhor Sarrion

Carapicuíba - 1989

- 1- Helcio Ortega - E.E.P.S.G. Toufic Joulian
- 2- Antonio Carlos P. Borges - E.E.P.S.G. Toufic Joulian
- 3- Antonio Evanildo V. Costa - E.E.P.S.G. do conj. Hab.  
Pres. C. Branco
- 4- Rosemary Ap. de Araujo - E.E.P.S.G. Amos Meucci
- 5- Luis Carlos Nunes - E.E.P.S.G. Profª Ermelinda G.  
Teixeira
- 6- Nelso Yoshiharu Hidata - E.E.P.S.G. Prof José Wilson  
Padinha
- 7- Maria do Carmo de A. Santos - E.E.P.S.G. Toufic Joulian
- 8- Eliane A. Chaves - E.E.P.S.G. Toufic Joulian
- 9- Luciano Daghidela - E.E.P.S.G. Manoel da Conceição  
Santos
- 10-Jacó Isidro Moura - E.E.P.S.G. Manoel da Conceição Santos
- 11-Helio Neri Curado - E.E.P.S.G. Jardim São Daniel

12-Marcos Antonio de Oliveira - Profª Alaíde Domingues Couto

13-João Antonio Rodrigues - E.E.P.S.G Jardim Paulista

14-José Ricardo A. Pereira - E.E.P.S.G Profª Alayde D. do  
Couto Macedo

Carapicuíba - 1990

1- Luciano Daghiadela - E.E.P.S.G. V. Dr. Gustavo Avelino  
Correa

2- Maria do Carmo de A. Santos - E.E.P.S.G. Toufic Joulian

3- Heliana Margarete Ramos - E.E.P.S.G. Brasília Bosniac

4- Rosemary A. de Araújo - E.E.P.S.G. Toufic Joulian

5- Fábio Muniz do Amaral - E.E.P.S.G. Conj. Hab. Castelo  
Branco III

6- Mario Omelczuck - E.E.P.S.G. Profª Hadlas Feres

7- Fernando Messias Estevão - Profª Hadlas Feres

8- Helio Neri Curado - E.E.P.S.G. Jardim São Daniel

9- Helcio Ortega - E.E.P.S.G. Toufic Joulian

10-Antonio Evanildo V. da Costa - Profª Aparecida de Fátima  
e Silva

11-Eribaldo Pinto de Abreu - E.E.P.S.G. Jardim São Daniel

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- 1 - L.O LIMA - PEDAGOGIA: REPRODUÇÃO OU TRANSFORMAÇÃO: ED. BRASILIENSE; S.P.; 3ª ED.; 1987; pag.39
- 2 - D. SAVIANE - PERSPECTIVAS DE EXPANSÃO E QUALIDADE PARA O ENSINO DE 2º GRAU: REPRESENTADO A RELAÇÃO TRABALHO-ESCOLA, FEUSP (mimeo); 05/1988
- 3 - J.B.ALMEIDA JR. A EVOLUÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA NO BRASIL; R.E.F. v.1(2); S.B.F.; S.P.; 45-58:1979. R.E.F. v.2(1); S.B.F.; 55-73;1980
- 4 - F.K.COMPARATO - EDUCAÇÃO, ESTADO E PODER; ED. BRASILIENSE, S.P. 1987
- 5 - FOLHA DE SÃO PAULO - "2º GRAU EM ENFOQUE"; 1987 : 22/11; 29/11. 8/12 - SUZANA SINGER; 1988 : 10/4: 24/4: 01/5 - L.A.S.
- 6 - FOLHA DE SÃO PAULO - "2º GRAU EM ENFOQUE"; E.E.P.S.G. "OSWALDO ARANHA
- 7 - PLANO DE MELHORIA DAS ESCOLAS TÉCNICAS INDUSTRIAIS : MEC/BIRD; 1984; pag. 4
- 8 - FOLHA DE SÃO PAULO - "2º GRAU EM ENFOQUE" ; COLÉGIO BANDEIRANTES
- 9 - M.N.MASCELLANI - CURRÍCULO : A DISTORÇÃO DE UM CONCEITO; R.E.F. v.3 (2); S.B.F.; S.P. 6/81
- 10 - FUVEST - FUNDAÇÃO PARA O VESTIBULAR - SÃO PAULO - RELATÓRIOS : 1984/1986: 1986; 1987; 1988

- 11 - D.G.MOURA - REFLEXÕES SOBRE O CURRÍCULO NA ESCOLA SECUNDÁRIA NO BRASIL; DISSERTAÇÃO DE MESTRADO; USP; 1985 pag.1
- 12 - SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA; "RECOMENDAÇÕES DA COMISSÃO DE ENSINO ; BOLETIM 2; 1971; SALVADOR, Ba; 1971
- 13 - S.SALÉM - ESTRUTURA CONCEITUAIS NO ENSINO DE FÍSICA;- UMA APLICAÇÃO À ELETROSTÁTICA, DISSERTAÇÃO DE MESTRADO; IF USP; 1986; pag 13 e 14
- 14 - F.RAMALHO JR. et. al.; OS FUNDAMENTOS DA FÍSICA; v2; ED. MODERNA; S.P. 1978;
- 15 - Op.Cit. (14) ; INTRODUÇÃO; pag 202
- 16 - J.S.BRUNER ; O PROCESSO DA EDUCAÇÃO ; C.ED. NACIONAL; S.P. 1987; 8ª ED. pag 31
- 17 - P.T. UENO - NOÇÕES FUNDAMENTAIS DE FÍSICA; v3; ED. MODERNA; 1988; 1ª Ed.; pag.
- 18 - R.P.FEYNMANN: CONFERÊNCIA INALGURAL DA PRIMEIRA CONFERÊNCIA INTERAMERICANA PARA O ENSINO DA FÍSICA; PUB. POR UNION PANAMERICANA; OEA; WASHINGTON; 1983
- 19 - B.FREITAS : POLÍTICA EDUCACIONAL E INDÚSTRIA CULTURAL; CORTEZ ED. AUTORES ASS.; S.P.; 1987
- 20 - R.ALVES - CONVERSAS COM QUEM GOSTA DE ENSINAR; 5ª Ed.; CORTEZ ED./AUTORES ASS.; S.P.; 1987
- 21 - D.SAVIANI - ESCOLA E DEMOCRACIA; CORTEZ ED./AUTORES ASS.; S.P. 18ª ED; 1987, pag 59
- 22 - J.S.BRUNER - RELEVANCE OF EDUCATION; PENGUIN EDUCATION; 1974

- 23 - P.FREIRE - EDUCAÇÃO COMO PRÁTICA DA LIBERDADE; PAZ E TERRA; R.J.; 8ª ED. ; 1987
- 24 - GREF - APRESENTAÇÃO GERAL DA PROPOSTA
- 25 - Op. Cit. (24)
- 26 - Op. Cit. (24)
- 27 - A.HELLER - O COTIDIANO E A HISTÓRIA; PAZ E TERRA; R.J., 3ª ED; 1989; pag. 17
- 28 - D.M.WATTS - STUDENT CONCEPTIONS OF LIGHT; A CASE STUDY; PHYS. EDUC.; 20; 1985; PAG. 183-187
- 29 - Y.HOSOUME - PROPOSTA DE UM MODELO ESPONTÂNEO DE MOVIMENTO; TESE DE DESENVOLVIMENTO - IFUSP; 1986
- 30 - E.A.TERRAZAN - A CONCEITUAÇÃO NÃO CONVENCIONAL DE ENERGIA NO PENSAMENTO DOS ESTUDANTES DISSERTAÇÃO -IFUSP - 1985
- 31 - A.VILLANI et al - ANALISANDO O ENSINO DE FÍSICA: CONTRIBUIÇÕES DE PESQUISAS COM ENFOQUES DIFERENTES; R.E.F.V4; 1982
- 32 - E.BAROLLI - MUDANÇA DE REFERENCIAL E OS MODELOS ESPONTÂNEOS DE MOVIMENTO; DISSERTAÇÃO; IFUSP; 1989
- 33 - M.C.MARIANI - A EVOLUÇÃO DOS CONCEITOS ESPONTÂNEOS SOBRE COLISÕES; DISSERTAÇÃO; IFUSP; 1987
- 34 - J.L.DE ALMEIDA PACCA - "UM PERFIL DOS CANDIDATOS AO VESTIBULAR DA FUVEST" ; TESE DE DOUTORAMENTO; IFUSP/FEUSP; 1983
- 35 - S.K. TEIXEIRA - ESTUDO DAS NOÇÕES ESPONTÂNEAS ACERCA DE FENÔMENOS RELATIVOS À LUZ EM ALUNOS DE 11-18



- ANOS; DISSERTAÇÃO DE MESTRADO; IFUSP/FEUSP; 1982;  
pag.97
- 36 - P.FREIRE - A MENSAGEM DE P.FREIRE - TEORIA E PRÁTICA DA  
LIBERTAÇÃO; ED. NOVA CRÍTICA; PORTO; 1977 -  
PEDAGOGIA DO OPRIMIDO; PAZ E TERRA; R.J.: 18ª  
Ed.; 1988;  
A IMPORTÂNCIA DO ATO DE LER; CORTEZ  
ED/ AUTORES ASSOCIADOS; S.P. 3ª Ed.; 1983
- 37 - J.S.BRUNER - Op. Cit. (22)
- 38 - G.SNYDERS - A ALEGRIA NA ESCOLA: ED. MANOLE LTDA;  
S.P.: 1988: pag. 122
- 39 - G.SNYDERS - Op. Cit. (38); pag. 174
- 40 - G.SNYDERS - Op. (38)
- 41 - G.SNYDERS - Op. Cit. (38)
- 42 - A. HELLER - Op. Cit. (27)
- 43 - Boletim GREF - nº 5
- 44 - ÓPTICA - GREF - versão preliminar
- 45 - S.K. TEIXEIRA - Op. Cit (35)
- 46 - A.VILLANI - CONTEÚDO CIENTÍFICO E PROBLEMATICA  
EDUCACIONAL NA FORMAÇÃO DO PROFESSOR DE CIÊNCIAS;  
TESTE LIVRE DOCÊNCIA; IFUSP: 1989
- 47 - S.K.TEIXEIRA - Op. Cit.(35)
- 48 - "COMO FUNCIONA" - GREF; VERSÃO PRELIMINAR; 1986
- 49 - D.A.ROBERTS, - DEVELOPING THE CONCEPTS OF "curriculum  
enphases"; SCIENCE EDUCATION; 243-260 66(2); 1962

- 50 - M.A.MOREIRA/R. AXT, - "O LIVRO DIDÁTICO COMO VEÍCULO DE ÊNFASE CURRICULARES"; R.E.F. v(8)-1; 38-38; S.B.F.;S.P. 1986
- 51 - E.W.EISNE/VALLANCE, - CONFLITING CONCEPTS OF CURRICULUM BERKELEY; McCUTCHAN PUBLISHING Co.; 1974: CITADO EM (SO)
- 52 - A.P. DIAS, - PHYSICA - ESCOLA AGRICOLA DE PIRACICABA S.P.; 1920;
- 53 - B.A. ALVARES,/A.MÁXIMO - CURSO DE FÍSICA: VOL. 2; HARPER ROW DO BRASIL; S.P.: 1979
- 54 - Op. Cit.(53) pag. 480
- 55 - F.D. SAAD - "ANÁLISE DO PROJÉTO FAI - UMA PROPOSTA DE UM LIVRO DE FÍSICA AUTO-INSTRUTIVO PARA O SEGUNDO GRAU": DISSERTAÇÃO DE MESTRADO; IFUSP-FEUSP; (citado em).
- 56 - PSSC - GUIA DO PROFESSOR DE FÍSICA; V.1; FUNBEC/CECISP; 1967
- 57 - D.R.S.BITTENCOURT, - "UMA ANÁLISE DO PROJETO DE ENSINO DE FÍSICA (mecânica)" - IFUSP-FEUSP; DISSERTAÇÃO DE MESTRADO; 1977
- 58 - PSSC - PHYSICAL SCIENCE STUDY COMITEE; FÍSICA-PARTE II; EDART;2ª Ed; 1970
- 59 - Op. Cit. pag.57
- 60 - HARVARD PROJECT PHYSICS (TEXT); HOLT,RINEHART and WINSTON, Inc; NEW YORK; TORONTO; 1975
- 61 - NUFFIELD ADVANCED SCIENCE - UNIT 10; THE NUFFIELD FOUNDATION; PENGUIN BOOKS Inc.; GREAT BRITAIN: 1971

- 62 - PLON - PROJECT LEERPAKKET ONTWIKKWKING NATUURKUNDE:  
UTRECHT; ILUMINAÇÃO; TRAD. 1984
- 63 - PROJETO PILOTO PARA O ENSINO DE FÍSICA DA LUZ; 1ª  
versão; PARTE 4; UNESCO/IBECC; 1964
- 64 - PEF - PROJETO DE ENSINO DE FÍSICA -  
IFUSP/MEC/FENAME/PREMEN; CARGAS E ESTRUTURAS DE  
MATERIAIS
- 65 - PBBF - PROJETO BRASILEIRO PARA O ENSINO DA FÍSICA - O  
CEU-1; 75; LIV. NOBEL S/A; 1975
- 66 - FAI - FÍSICA AUTO-INSTRUTIVO; V. 5; GETEF; ED. SARAIVA;  
1973
- 67 - OP. CIT. (55)
- 68 - G. SNYDERS - Op. Cit. (38)
- 69 - H.JAPIASSU - PEDAGOGIA DA INCERTEZA; IMAGO; R.J.; 1983;  
Pag. 14
- 70 - M. LUFT - PRODUÇÃO SOCIAL E APROPRIAÇÃO PRIVADA DO  
CONHECIMENTO QUIMICO; TESE DE DOUTORAMENTO; F.E.  
UNICAMP; 1989
- 71 - A. F. DE FIGUEIREDO NETO - A FÍSICA, O LÚDICO E A  
CIÊNCIA NO 1º GRAU; DISSERTAÇÃO; IFUSP; 1989
- 72 - O. MATTASOGLIO NETO - A FÍSICA NA HABILITAÇÃO  
MAGISTÉRIO - A ANÁLISE DA PROPOSTA DO CECISP PARA  
O ENSINO DE ÓPTICA - UM ESTUDO DE CASO;  
DISSERTAÇÃO; IFUSP; 1990
- 73 - R.B.CAMARGO - FÍSICA PARA O MAGISTÉRIO DISSERTAÇÃO;  
F.E.UNICAMP; 1989

## ANEXO I

- (1) MERINO, DJALMA - FÍSICA, Ed. (ÁTICA) - S.P.; VOL. 2; 2ª ed.; 1981
- (2) SANTOS, UDMYR P. DOS SANTOS - FÍSICA 2; ATUAL ed. - S.P.; 1977
- (3) SANTOS, JOSÉ IVAN C. DOS - CONCEITOS DE FÍSICA - VOL. 2: ed. ÁTICA; S.P.; 1986
- (4) ALVARES, B.A. / MAXIMÓ A. - CURSO DE FÍSICA - VOL. 2; HARPER 7 ROW DO BRASIL - S.P.; 1979

## ANEXO II - FUVEST 82; MANUAL DE INFORMAÇÕES

## ANEXO III

- (1) BOLETIM GREF - N° 0 - 1984
- (2) op. cit. (1)
- (3) op. cit. (1)
- (4) ATA DE REUNIÃO - 12/02/84
- (5) op. cit. (1)
- (6) RELATÓRIO TÉCNICO-CRÍTICO (PADCT/CAPES) - 84/85
- (7) BOLETIM GREF - N°7 - 11/87