JOSÉ MAURÍCIO DE ANDRADE

CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS EM ÓPTICA

Dissertação apresentada como exigência parcial para a obtenção do titulo de MESTRE EM EDUCAÇÃO na Área de Metodologia do Ensino (Sub-Área: Ensino de Física) à Comissão Julgadora da Faculdade de Educação da Univesidade Estadual de Campinas, sob a orientação do Prof. Dr. Décio Pacheco

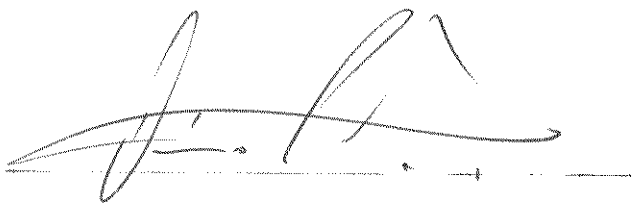
Faculdade de Educação

- 1995 -

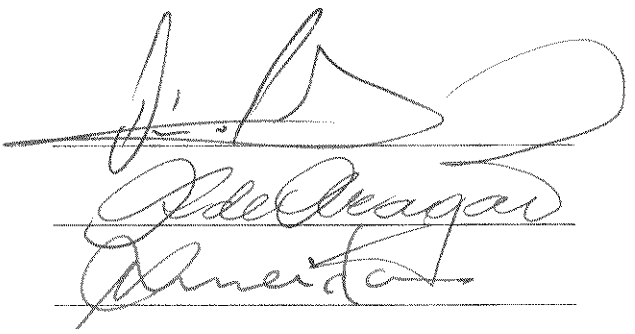
UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL

Este exemplar corresponde à redação final da Dissertação defendida por José Mauricio de Andrade e aprovada pela Comissão Julgadora.

Campinas, 27/06/95



Comissão Julgadora:



Dedicatória

Dedico o presente trabalho à Maria Aparecida, minha esposa, aos meus filhos Mauricéia, Maurílio e Marlon e aos meus pais por compreenderem a minha ausência, como esposo, pai e filho e pelo apoio e incentivo recebido.

Agradecimentos

Por terem contribuído, direta ou indiretamente para a realização deste trabalho, agradeço:

- Ao Prof. Dr. Décio Pacheco pela abnegação, incentivo e firmeza na orientação da Dissertação;
- À Colega, Profª Hilda Léa, pelo incentivo e pelo desprendimento ao assumir os meus encargos didáticos como Professor do Departamento de Métodos e Técnicas da Educação da Faculdade de Educação da UFJF;
- Ao Francisco pela digitação;
- Aos estudantes pela solicitude no atendimento às entrevistas e ao responderem os questionários.
- Ao amigo Prof. Detoni pela leitura crítica do trabalho e pelo incentivo.

RESUMO

Objetivando descrever as Concepções Alternativas de nossos estudantes de 2° grau acerca da luz e do processo da visão, entrevistamos sete estudantes e aplicamos dois questionários a um total de duzentos e cinquenta estudantes de Escolas Pública e Particular de Juiz de Fora - MG.

As Concepções Alternativas apresentadas pelos sujeitos da nossa pesquisa não diferiram muito daquelas encontradas por Guesne com estudantes franceses e por La Rosa com estudantes italianos. Constatamos que os estudantes são consistentes com a interpretação de que a função da luz é clarear o objeto mas ela (a luz) não está diretamente envolvida com o processo da visão. Além disso, por fazer parte do cotidiano dos estudantes, a luz não consegue chamar a atenção, por si própria, exceto em casos extremos da falta de luz ou de excesso de claridade. Os estudantes não assimilaram o comportamento dinâmico da luz e, embora utilizando o traçado de raios luminosos e usando palavras como "entrar" e "chegar", o máximo que eles conseguiram foi associar o movimento da luz ao movimento da fonte luminosa e estes raios luminosos e estas palavras foram utilizadas no sentido estático-geométrico. Os modelos alternativos sobre a luz e o processo da visão estão associados à chamada "metodologia da superficialidade" onde o estudante interpreta o fenômeno superficialmente e a nível de sua percepção imediata.

ABSTRACT

Aiming at describing the Alternative Conception of our high-school students concerning light and the process of vision, we interviewed sevem students and applied two questionaries to two hundred and fifty students altogether of Private and State schools in Juiz de Fora - MG.

The Alternative Conceptions presented by the subjects of our research do not differ much from those found by Guesne in French students and by La Rosa in Italian students. We found out that the students are consistent with the interpretation that the function of light is to light up the object but it (the light) is not directly involved in the process of vision. Besides that, for being part of student's daily life, light doesn't manage to draw attention, by itself, except in cases of extreme shortage of light or excess of clarity. The students didn't assimilate the dynamic behavior of light and, altrough making use of the drawing of luminous rays and using words such as "to enter"and "to arrive", the maximum that they achieved was to associate the movement of light to the movemet of the luminous source and those luminous rays and those words were used in the static-geometrical sense. The alternative models concerning light and the process of vision are associated to the so called "methodology of superficiality" in which the student interprets the phenomenon superficially and at the level of his immediate perception.

SUMÁRIO

Introdução 1

Capítulo I - Concepções Alternativas em Óptica: uma revisão 13

Capítulo II - Da pesquisa 37

Capítulo III - Investigação sobre Concepções Alternativas em Óptica 46

Capítulo IV - Apresentação e Análise dos dados obtidos sobre Concepções Alternativas em Óptica 51

Capítulo V - Classes de Respostas 72

Capítulo VI - Considerações Finais 82

Referências Bibliográficas 94

Anexo I - Protocolo das entrevistas 97

Anexo II - Entrevistas da 1ª Fase (Fase Piloto) 101

Anexo III - Entrevistas da 2ª Fase 112

Anexo IV - Questionários N°1 e N°2 140

Protocolo dos Questionários N°1 e N°2 142

Índice das Figuras

Figura 1 - Modelos de visão segundo Guesne 19

Figura 2 - Modelos de propagação da Luz segundo La Rosa 21

Figura 3 - Formação da imagem de um objeto por um espelho plano 88

Figura 4 - Representação da sombra de um objeto opaco 89

Índice dos Gráficos

Gráfico 1 - Distribuição dos alunos do 1° ano do Curso de Magistério, 1NC, do IEEJF em relação à idade 41

Gráfico 2 - Distribuição dos alunos do 1° ano do 2° grau, 1CD, do IEEJF em relação à idade 41

Gráfico 3 - Distribuição dos alunos do 3° ano do 2° grau, 3C, do IEEJF em relação à idade 42

Gráfico 4 - Distribuição dos alunos do 2° ano do 2° grau, 2MA, da Escola Cristo Redentor - Academia de Comércio de J.F., em relação à idade 43

Gráfico 5 - Distribuição dos alunos do 2° ano do 2° grau, 2MB, da Escola Cristo Redentor - Academia de Comércio de J.F.,em relação à idade 44

Gráfico 6 - Distribuição dos alunos do 1° ano do 2° grau, 1MB, da Escola Cristo Redentor - Academia de Comércio de J.F. 44

Gráfico 7 - Distribuição dos Alunos do 1° ano do 2° grau, 1CT, do Esolca Cristo Redentor - Academia de Comércio de J.F. 45

Índice dos Quadros

Quadro N°1 - As medias do Vestibular Integrado do Rio de Janeiro no ano de 1990. 1

Quadro N°2 - Designações atribuídas às representações dos alunos face a problemas de ordem científica. 13

Quadro N°3 - Principais pesquisas sobre conceitos alternativos em óptica realizado na década de 80 16

Quadro N°4 - Transparências utilizadas por Anderson e Smith (1986) 25

Quadro N°5 - Comparação do número de proposições científicas observadas no 1° ano e no 2° ano de pesquisa. 26

Quadro N°6 - Quadro de classes de respostas 75

Quadro N°7 - Concepção alternativa e concepção científica sobre como as pessoas vêem os objetos 83

Tabela N°1 - Respostas à primeira pergunta do questionário N°1 47

Tabela N°2 - Respostas à pergunta N°2 do questionário N°1 48

Tabela N°3 - Respostas à sexta questão do questionário N°1 48

Tabela N°4 - Percentagem de alunos que utilizaram o formalismo do traçado de raios luminosos para responder à questão N°2 do questionário N°2 49

Tabela N°5 - Respostas à primeira pergunta do questionário N°2 66

Tabela N°6 - Respostas à pergunta: O que ocorrerá com a sombra da caixa se substituírmos a lâmpada por outra de maior potência? 69

Tabela N°7 - Respostas à pergunta: Para que não apareça nenhuma sombra da caixa no chão, estando a lâmpada acesa, o que devemos fazer? 70

I - Introdução

O Ensino de Física e as pesquisas em Concepções Alternativas

O ensino das ciências e, em particular, o ensino da Física, vem encontrando uma série de dificuldades que tem se agravado nos últimos 20 anos (MESTRE, 1989, 447). A escassez de pessoal especializado (professores), a falta quase que total de recursos materiais e a falta de apoio por parte das autoridades ligadas à área do ensino, têm feito com que o ensino da Física seja responsável pelo pior desempenho dentre o ensino das outras ciências (Química, Matemática e Biologia). Levantamentos estatísticos elaborados nos últimos vestibulares do país, têm demonstrado ser a Física a área do conhecimento científico onde os estudantes apresentam o menor grau de acerto. O quadro abaixo evidencia tal desempenho.

QUADRO Nº I - AS MÉDIAS DO VESTIBULAR INTEGRADO DO RIO DE JANEIRO NO ANO DE 1990.

As médias do último Vestibular Integrado

Estas foram as médias obtidas pelos candidatos nas duas fases do último Vestibular Integrado. O melhor desempenho foi registrado em Inglês na segunda fase (7,4) e o pior, em Física na primeira fase (2,02).

MATÉRIA	1ª FASE	2ª FASE
Inglês	4,84	7,44
Francês	5,20	7,04
Espanhol	3,15	6,35
Português	5,25	5,98
Biologia	3,15	6,26
Geografia	3,04	5,61
História	3,15	4,14
Matemática	3,17	3,25
Química	2,08	4,01
Física	2,02	2,85
Redação	—	6,18

FONTE: O Globo - Jornal do Vestibulando. Vestibular 1990

Esta constatação tem gerado acirrados debates quer entre os professores de Física do 2° Grau, quer no âmbito da própria Universidade. Como resultado desses debates foram formuladas propostas de novas metodologias para o ensino da Física em nível de 2° Grau onde eram priorizadas, em novas propostas, a elaboração de novos textos didáticos, nova disposição de conteúdos programáticos, bem como novas técnicas de ensino. "Nessas várias propostas, entretanto, pouco transparece a preocupação com um conhecimento melhor a respeito do que o aluno pensa realmente sobre os conceitos da ciência que ele estuda e a respeito da sua capacidade de elaborar informações através de operações e relações mentais". (PACCA, 1987,23). O que se pretendia, com estas novas propostas metodológicas, era levar aos estudantes as teorias e os modelos ortodoxos, formais, aceitos pela comunidade científica e tentar fazer com que esses modelos fossem assimilados por eles. A partir de 1960 surgiram algumas propostas de ensino de Física "trazendo novos textos didáticos com abordagens diversas, novas metodologias visando a interação professor-aluno mais ativa, bem como promovendo interação entre grupos de alunos para favorecer a aprendizagem" (PACCA, 1987, 23), tais como:

- PSSC - PHYSICS SCIENCE STUDY COMMITTEE - elaborado por um grupo de pesquisadores norte-americanos em 1960;
- NUFFIELD PHYSICS - elaborado por um grupo de pesquisadores inglese em 1966;
- PEF - PROJETO DE ENSINO DE FÍSICA - IFUSP/MEC/FENAME/PREMEN - elaborado em 1974 por uma equipe do IFUSP sob a coordenação dos professores E. W. Hamburger e G. Moscati;
- GREF - GRUPO DE REELABORAÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA - IFUSP/SE/CAPES - elaborado sob a coordenação dos professores L.C. de Menezes, J. Zanetic e Y. Hosoume.

Podemos hoje admitir que a pouca penetração de tais projetos, supostamente bem estruturados tanto do ponto de vista teórico, quanto do ponto de vista experimental,

se deu em função direta da má formação do professor de Física do 2° Grau que se sentia incapaz de, ele próprio, acompanhar em nível de conteúdos os cursos que tentavam implantar tais propostas e porque a maioria desses professores não receberam treinamento adequado para a implementação desses projetos.

Ao lado da formulação de novas propostas metodológicas, a Universidade assumiu parte da responsabilidade pelo fraco desempenho dos professores de Física ao admitir que a formação destes professores era deficiente. Para tentar minimizar este problema, professores universitários começaram a reestruturar os Cursos de Licenciatura já existentes colocando maior ênfase na parte metodológica do curso onde o futuro professor de Física era colocado frente a frente com os problemas de ensino em geral. "Do professor espera-se uma mudança de postura nas situações de avaliação do conhecimento dos alunos e a atualização contínua do seu conhecimento. Os cursos de licenciatura, para os professores em formação são os locais adequados para tratar do conteúdo específico da disciplina, cujo conhecimento específico em profundidade é fundamental para capacitá-lo a trabalhar dentro dessa visão do ensino de ciência." (PACCA, 1987, 27).

As crianças antes de ingressarem na Escola apresentam uma curiosidade e um fascínio bem marcantes acerca dos fenômenos naturais, pelos avanços tecnológicos e pelas novas descobertas no campo das ciências em geral e, no campo da Física, em particular. Motivados pelos meios de comunicação e pela curiosidade, essas crianças têm uma grande preocupação em tentar conseguir explicações para os vários fenômenos da natureza. No entanto, no momento em que elas ingressam na Escola, parece que a magia da descoberta dá lugar ao desencanto e ao desinteresse pelas coisas da ciência.

De quem é a responsabilidade por esse desinteresse? Olhando-se o problema sem um maior envolvimento, pode-se dizer que parte dessa responsabilidade é da Escola

que, sem se preocupar com as diferentes realidades encontradas neste país continental impinge programas de conteúdos que não dão margens a que essas diversas realidades sejam exploradas e aproveitadas no processo de ensino. Analisando-se o problema sob um outro aspecto, vê-se que os professores talvez tenham uma parcela de responsabilidade muito significativa neste desinteresse pelas coisas da Ciência. Com formação acadêmica deficiente e com a pouca visão dos problemas de aprendizagem que a maioria dos professores apresenta e, com uma certa dose de auto-confiança que lhes é peculiar, os professores esquecem, muitas vezes, de considerar, no processo de aprendizagem, que os nossos estudantes, pela vivência que têm e pelas oportunidades de que dispõem, já adquiriram uma certa bagagem de conhecimento.

Entendemos que o professor de Física além de conhecer e dominar o conteúdo com o qual trabalha, deve se preocupar, também, em identificar o que os seus alunos pensam acerca de determinado fenômeno a fim de construir, com eles, os seus conceitos procurando uma aproximação cada vez maior dos modelos científicos. O que não se admite é que o professor de Física, por desconhecer tal problemática, continue insistindo nos métodos de ensino tradicionais para fazer o aluno assimilar conceitos que, à primeira vista, nada tem a ver com a sua realidade sem antes verificar o que ele pensa e que conceitos já formou sobre tal fenômeno. "Se considerarmos que a construção de conceitos se faz à custa de reelaborações de conceitos anteriores (pré-conceitos), mais rudimentares e incompletos, o professor atento deverá procurar ouvir seus alunos na tentativa de perceber qual a linha de base de conhecimento sobre um determinado conteúdo e apoiar nele o ensino a ser efetivado."(VILLANI et alii, 1985, 42.).

Sabemos através da história da ciência que as teorias físicas e os conceitos delas

advindos não foram estruturados da noite para o dia, como num passe de mágica. Há que se considerar que o processo através do qual o conhecimento vai se construindo é um processo árduo e demorado: em alguns casos foram necessárias décadas de trabalho difícil para que se chegasse à sua formulação. Os paradigmas da Física, como os de outras ciências são referenciais aceitos pela comunidade científica e defendidos com todo o vigor possível. Ao se contestar tais preceitos (os paradigmas) cria-se um clima de insatisfação e de desconfiança na comunidade científica da época e, num primeiro momento, tenta-se desconsiderar profissionalmente, o proponente de tal mudança. São necessários persistência e firmeza nas afirmações para se conseguir o aval da comunidade científica para a nova ordem que se propõe. No entanto, os professores de Física parecendo desconhecer o processo através do qual o conceito vai sendo construído, tentam ensinar a Física a seus alunos como se ela fosse uma ciência pronta e acabada. Torna-se necessário mostrar aos professores de Física que os estudantes ao chegarem à Escola já trazem com eles uma certa bagagem de conhecimentos que oscila entre o alternativo e o científico e que, por isso, eles não podem ser considerados como uma "tábula-rasa".

Esta constatação foi responsável pelo interesse de alguns pesquisadores que, a partir da década de 60, começaram a se preocupar em conhecer e identificar que conhecimentos os estudantes já adquiriram antes da Escolarização formal.

Se perguntarmos a uma criança, a um adolescente ou mesmo a um adulto "o que é a luz?", ou ainda, "como vocês explicam a visão dos objetos?", veremos através das respostas obtidas que a maioria delas apresenta informações diferentes daquelas consideradas corretas pelos físicos. O que se vê é que "a maioria dos professores de Física ignora tais respostas por considerá-las como distorção da aprendizagem". (VILLANI, 1986, 607).

Tal argumento, no entanto, carece de uma melhor fundamentação pois já foi verificado em alguns trabalhos de pesquisa (GUESNE, 1980 e TEIXEIRA, 1982) que, mesmo aquelas crianças que ainda não foram submetidas a qualquer tipo de Escolarização formal em Óptica, apresentam as concepções alternativas sobre o processo da visão, sobre a propagação da luz, sobre a formação de imagens em espelhos planos e sobre a formação de sombras, por exemplo.

O professor de Física, o de 2° Grau em particular, acreditando na existência de uma única forma correta de interpretar os fenômenos da natureza, assume uma postura de total descrença em relação a "outras maneiras" de explicar os fenômenos que, a princípio consideram erradas. Por isso, ao corrigirem uma prova os professores não se importam em "interpretar" as respostas erradas; basta verificar os acertos! Da mesma forma, ao adotarem um livro, eles não se preocupam em estudar "a fundo" o conteúdo contido nele; interessam-se tão somente em dar uma "conferida" na ordenação dos conteúdos programáticos para verificar se esta ordenação corresponde ao plano que eles elaboraram.

Por isso, os estudantes se sentem desencorajados a exporem suas opiniões o que reforça, cada vez mais, a mistura dos conceitos alternativos e os formais.

A partir das pesquisas denominadas pesquisas em concepções alternativas (1980, no Brasil), a percepção de alguns professores/pesquisadores começou a mudar: "procurar compreender o que o aluno pensou ao dar determinada resposta para um problema, leva a uma mudança de postura do professor em relação à avaliação de conhecimento e, então, a um modo adequado de transmitir um conhecimento novo: em vez de simplesmente assinalar os erros e descontar pontos da nota é saber, desses erros, extrair informações a respeito da caracterização do conceito tal como está sendo utilizado ou pensado pelo aluno e, daí, partir para

uma reelaboração e ampliação desse conhecimento." (PACCA, 1987, 23-24).

O lamentável até o momento é que tais mudanças nas atitudes dos professores ainda não tenham sido implantadas em nível de Escola!

Um aspecto polêmico a ser considerado no processo de aprendizagem é o relacionado com o prejuízo ou o benefício que uma concepção alternativa pode representar para o desenvolvimento dos estudantes. Se o conflito criado pela mistura do conceito alternativo com o formal for bem explorado pelo professor mostrando, por exemplo, que o conceito alternativo resolve somente algumas situações particulares, ou seja, mostrando a falibilidade, a pequena abrangência e a inconsistência desses conceitos frente aos conceitos formais, o professor terá conseguido tornar os conceitos alternativos benéficos à aprendizagem. Se, ao contrário, o professor desconsiderar a presença dos conceitos alternativos e trabalhar somente com os formais, certamente isso será prejudicial à aprendizagem.

"Se considerarmos que a construção de conceitos se faz à custa de reelaborações de conceitos anteriores (pré-conceitos), mais rudimentares e incompletos, o professor atento deverá procurar ouvir seus alunos na tentativa de perceber qual a linha de base de conhecimento sobre um determinado conteúdo e apoiar nele o ensino a ser efetivado." (VILLANI et alii, 1985, 42). Admite-se que o conhecimento alternativo por nascer e se desenvolver a partir da interação da criança com o seu mundo físico, são persistentes e resistentes à mudanças, refletindo "relutância ou talvez inabilidade dos estudantes em alterar suas atuais crenças". (DRIVER e ERICKSON, 1986,12). As similaridades na interpretação de fenômenos naturais feitas por estudantes de culturas e nível educacional diferentes pode ser atribuída ao fato de que tais interpretações são feitas seguindo diretamente os fatos sem uma elaboração teórica ou "que elas são baseadas em generalizações não-críticas derivadas de observações qualitativas".

(GIL e CARRASCOSA, 1985, 235). Isto, no entanto, não explica as interpretações espontâneas de pessoas que não tiveram experiências anteriores com as áreas pesquisadas.

A razão por que as interpretações alternativas são persistentes tem sido atribuída a sua própria consistência, ao fato de que os estudantes se sentem bem, confortáveis com elas ou, simplesmente, porque resistir a novas idéias é uma característica do ser humano.

Sabe-se que é difícil ampliar na bagagem cultural do estudante um conceito ou um modelo que ele próprio construiu e que lhe é útil para resolver alguns problemas do seu dia-a-dia. No entanto, não podemos admitir que esta forma de pensar, estes modelos acientíficos fiquem latentes no estudante. É necessário que, não só os pesquisadores da área do ensino, mas também os professores de Física, sabedores de tal situação, estimulem os estudantes utilizando, até mesmo as "questões-armadilhas" para que estes conceitos e modelos alternativos aflorem e possam ser discutidos e reelaborados pois só assim poder-se-á miná-los, mostrando a sua fragilidade frente a determinadas situações e fazer com que os estudantes assumam os conceitos científicos, formais. Além disso, deve-se sugerir aos professores de Física um maior cuidado ao corrigir trabalhos e/ou provas, pois atrás de uma resposta considerada como "errada" podem se esconder informações importantes sobre uma maneira diferente de pensar e interpretar os fatos. É na ganga dos conhecimentos "impuros" que um mestre atento descobre oportunidades valiosas de ratificar e aprimorar o aprendizado de seus alunos!

Objetivos do trabalho:

O presente trabalho pode ser inserido na linha de pesquisa que norteou os trabalhos de TIBERGHIEN (1980), STEAD e OSBORNE (1980) e de ANDERSON et alii (1986) os quais objetivavam:

1 - Identificar as concepções alternativas como uma das principais dificuldades ao ensino da Física, devido ao desconhecimento da sua existência por parte da maioria dos professores de Física;

2 - Reelaborar estratégias metodológicas que permitissem uma melhor aquisição de conceitos formais por parte dos estudantes.

Partindo dos pré-supostos de que é necessário:

a - melhorar o perfil científico de nossos estudantes de 2° grau, incentivando-os a lerem mais e melhor;

b - conscientizar os professores de Física da importância das concepções alternativas para a aquisição do conceito formal, científico, mostrando-lhes que a bagagem cultural que o estudante leva para a Escola, não deve ser desprezada mas aproveitada como ponto de partida para a obtenção do conceito científico;

c - dar ênfase à filosofia e à história das Ciências nos cursos de Licenciatura, procurando enfatizar os motivos e o processo de elaboração de novas teorias;

d - repensarmos o fato de que os recursos didáticos de que dispomos, ao invés de tornar as aulas mais agradáveis e motivar os estudantes para aprender a Física, servem, ao contrário, para reforçar quão sacramentados, "imutáveis" e estabelecidos estão os conceitos de Física, mostrando aos professores a "batalha" que se trava na comunidade científica quando um paradigma parece falhar e alguém tenta introduzir um novo paradigma.

e - promover um ensino que permita que o conteúdo da Física seja visto como um corpo de conhecimento estruturado e não fragmentado (como é o que vem ocorrendo) e, acreditando:

1 - que a Escola deve se preocupar em conhecer as concepções alternativas dos nossos estudantes;

2 - que os modelos alternativos estão vinculados aos níveis de desenvolvimento cognitivo e que "o ensino de Física deveria ser orientado, coerentemente com o processo histórico, como numa mudança conceitual e metodológica numa perspectiva construtivista" (GIL PEREZ E CARRASCOSA, 1980), foi que optamos por nos dedicar à pesquisa em concepções alternativas e, mais particularmente, àquelas relacionadas com a luz e o processo da visão, como uma forma de contribuir para minimizar os problemas do ensino da Física em nível do 2° grau.

Para o desenvolvimento do nosso trabalho elegemos, de forma sucinta, os seguintes objetivos:

1 - descrever as concepções alternativas dos estudantes sobre a luz e a visão;

2 - desenvolver métodos eficientes de análise de dados e,

3 - avaliar o efeito da escolarização na eliminação das concepções alternativas.

Definição dos Instrumentos e dos Sujeitos da Pesquisa

Para definir os procedimentos de pesquisa tivemos o cuidado de atualizar a leitura dos principais artigos relacionados com o tema da pesquisa extraindo deles os principais aspectos sobre: a faixa etária de realização da pesquisa, as principais conclusões e os eventuais modelos alternativos obtidos. Procuramos, também, interrelacionar estes trabalhos através de aspectos comuns tais como: preocupação com a gênese das concepções alternativas, utilização de material concreto nas questões formuladas e preocupação com a construção de modelos conceituais.

Optamos por tratar com estudantes do 2° grau por ser este contingente com o qual trabalhamos durante a maior parte da nossa experiência profissional como professor de Física e porque também estes estudantes estão dentro de uma faixa etária pouco utilizada nas pesquisas no Brasil.

Para o desenvolvimento do trabalho utilizamos instrumentos de coleta de dados como entrevistas e questionários visando obter informações que nos permitissem identificar as concepções alternativas dos estudantes sobre a luz e o processo da visão. Iniciamos o trabalho entrevistando três estudantes do 3° ano do segundo grau (pag.102 a 111) objetivando verificar se eles conheciam o significado de luz e como o utilizavam, se conheciam o processo de formação de sombras, se eles sabiam o que é e como se forma uma imagem num espelho plano. Essas três entrevistas constituiram a chamada fase piloto do trabalho ou entrevistas da 1ª fase.

A seguir, entrevistamos quatro estudantes do 1° ano do 2° grau com os mesmos objetivos das entrevistas da 1ª fase. Com as entrevistas da fase piloto (entrevista da 1ª fase) pretendíamos obter informações sobre a luz, o processo da visão e a formação de

imagens em espelhos planos de estudantes que já haviam passado por uma escolarização formal sobre a óptica. Já com as quatro entrevistas (entrevistas da 2ª fase - pag. 112 a 139) objetivamos obter informações sobre a luz, o processo da visão e formação de imagens em espelhos planos de estudantes que não haviam tido escolarização formal sobre a óptica. Após estas entrevistas construímos dois questionários escritos com seis questões cada um. O questionário nº 1 (pag.142) constou de seis questões sendo uma única de múltipla escolha e objetivou verificar se o aluno:

1 - conhece o significado de luz;

2 - identifica o movimento da luz;

3 - conhece o processo de formação de sombras;

4 - identifica a conservação de luz;

5 - utiliza diagramas com raiso luminosos;

6 - se, através dos diagramas apresentados, o aluno identifica o sentido da propagação da luz;

7 - associa o tamanho da sombra com a intensidade da fonte luminosa.

Além disso, objetivamos identificar o modelo de visão apresentado pelo aluno.

Os protocolos das entrevistas e dos questionários encontram-se nos anexos às páginas 98 e 143.

Capítulo I

Concepções alternativas em óptica: uma revisão

Várias pesquisas já trataram das concepções alternativas relativas à luz e ao processo da visão trabalhando com populações diversas e com questões envolvendo a Óptica geométrica e a Óptica física. Os principais objetivos dessas pesquisas eram o conhecimento do modo de pensar dos estudantes acerca da luz e da visão e a análise das respostas obtidas, tentando articulá-las em modelos coerentes que constituem modos de explicar os fenômenos em Óptica.

No contexto desses trabalhos encontramos várias denominações acerca das idéias expressas nas respostas dos estudantes como as que podem ser vistas no Quadro n° 2.

QUADRO N°2 - Designações atribuídas às representações dos alunos face a problemas de ordem científica

Designações que sugerem a origem das representações	Representação espontânea Representação alternativa Representação social Versão privada Conhecimento privado Conhecimento do senso-comum Modelo espontâneo Raciocícnio espontâneo Idéias não tutoradas
Designações que focalizam a anterioridade das representações (do tempo na precisão) relativamente aos conceitos científicos	Representação inicial Preconcepção (preconception)
Designação que sugere a generalidade do seu uso para dar sentido a corpos relativamente amplos do conhecimento	Visão prototípica
Designações que enfatizam a natureza acidental, defeituosa, evitável, imatura ou errada de tais representações. Referem-se também à assimilação incorreta de modelos formais	Concepção errada (misconception) Compreensão errada (misunderstanding)
Designações que sugerem diferenças qualitativas entre as representações do aluno e conceitos científicos	Concepção alternativa Estrutura alternativa
Designações que sugerem a organização e coordenação dos elementos cognitivos da representação. As representações são consideradas construções solidárias de uma estrutura	Estrutura conceptual (conceptual framework) Estrutura alternativa Sistema de Crenças Mini-teoria Esquema conceptual Paradigma do aluno
Designação que sugere que todos somos uma espécie de cientistas ao procurar o "como" e o "por que" das coisas	Ciência da Criança

FONTE: Maria Eduarda Vaz Moniz dos Santos - 1991 - p93

Seja qual for a denominação utilizada devemos ter sempre em mente, que a maneira como o estudante elabora os seus próprios conceitos, não deve ser vista como forma errada, mas como forma alternativa de justificar um fato que, num contexto mais restrito, pode funcionar tão bem quanto o chamado conceito científico. Este é também o espírito dos trabalhos analisados que partem do pré-suposto de que o estudante não é uma tábula-rasa, uma vez que ele, pela interação com o meio em que vive, constrói o seu próprio conhecimento ao procurar explicações para os fenômenos observados.

Esta constatação, no entanto, não é capaz de, por si só, assegurar uma única direção às pesquisas realizadas e, desta forma, podemos verificar que os pesquisadores são levados a assumirem diferentes posições frente à execução de seus trabalhos em decorrência da compreensão sobre a forma como o conhecimento prévio é concebido pelos estudantes e sobre os fatores envolvidos na sua elaboração.

Podemos, assim, visualizar, pelos menos, duas posições distintas nas pesquisas realizadas:

1 - O conhecimento alternativo é identificado como um dos responsáveis pela dificuldade do estudante em aprender a Física mas a Escola não precisa se preocupar com eles uma vez que os defensores dessa idéia crêem que a melhoria do ensino da Física passa por mudanças efetuadas em termos da própria disciplina, dos conteúdos programáticos e da metodologia de ensino utilizada. Os adeptos dessa linha de pesquisa admitem a existência das concepções alternativas mas não se preocupam com a sua gênese. Por isso, os resultados obtidos dessas pesquisas são apresentados em grupo. Procura-se como objetivo principal dessa linha de pesquisa extrair dos estudantes o seu conhecimento do cotidiano. Identificam-se com essa posição os trabalhos de ANDERSON e KARRQVIST (1983) e de GOLDBERG et alii (1986).

2 - O conhecimento alternativo é identificado como um dos principais responsáveis pela dificuldade do estudante em aprender a Física e a Escola deve se preocupar com esse tipo de conhecimento do estudante e utilizá-lo, inclusive, como ponto de partida para a formulação do conhecimento formal. Os modelos alternativos nesta linha de pesquisa ficam vinculados aos níveis de desenvolvimento cognitivo, via faixa etária. Procuram-se estabelecer elos entre os vários modelos tentando entender as novidades de uns em função do que estava presente nos anteriores. São representantes dessa posição os trabalhos de TIBERGHIEN et alii (1980), STEAD e OSBORNE(1980), TEIXEIRA (1982), GUESNE (1984), LA ROSA et alii (1984) e ANDERSON et alii (1986). Estes trabalhos caracterizam-se pela busca de compreensão cognitiva, pela aprendizagem dos conceitos formais e pela identificação de modelos desenvolvidos pelos estudantes após a escolarização formal.

O trabalho a que nos propomos realizar apresenta simularidades quanto à metodologia utilizada com os trabalhos da TIBERGHIEM et alii (1980), STEAD E OSBORNE (1980), GUESNE (1984) e de LA ROSA et alii (1984). No presente trabalho "as representações das crianças são entendidas como uma construção interna, de caráter provisório, mas necessária ao processo de construção do conhecimento e não como uma simples peça de desinformação e, por isso, serão designadas por "concepções alternativas". (MARIA EDUARDA, 1991, p.95).

Apresentaremos no quadro n° 3, a seguir, a descrição dos trabalhos mencionados acima, procurando caracterizá-los com uma das linhas de pesquisa anteriormente citadas visando mostrar como estas pesquisas vêm sendo desenvolvidas e que resultados têm sido encontrados.

QUADRO Nº 3 - Principais pesquisas sobre conceitos alternativos em Óptica realizadas na década de 80

	Autores	Ano	Tópicos	amostra nº	idade	Instrumentos
1	Tiberghien et alii	1980	fonte de luz iluminação do dia/sombra	13	10-12	Entrevistas diretivas não diretivas
2	Stead and Osborne	1980	fonte de luz propagação refletores imagens	36	9-16	Entrevistas Testes de múltipla escolha (icônica)
3	Teixeira	1982	fontes de luz sombras espelhos imagens	30	11-18	Entrevistas diretivas e não-diretivas
4	Andersson e Karrqvist	1983	propagação refração visão e cor	558	12-15	Teste icônicos Perguntas acompanhadas de desenho
5	Guesne	1984	luz elétrica luz do dia propagação sombras espelhos lentes visão	30	13-14	Entrevistas
6	La Rosa et alii	1984	reflexão refração dispersão	63/8	16-17	Entrevistas individuais e em grupo. Testes com questões abertas
7	Watts	1985	natureza da luz, comportamento sistemas ópticos	1	15	Entrevistas sobre exemplos
8	Anderson et alii	1986	visão natureza da cor, o olho int. luz/objeto	227	acima de 18	Testes escritos Testes múltipla-escolha Entrevistas
9	Goldberg et alii	1986	imagens em espelhos planos	200	acima de 10	Entrevistas individuais Grupo de demonstração Questionários e Questões de múltipla escolha
10	Javier Perales	1989	luz,velocidade, raio de luz, reflexão,refração, espelhos,lentes, prismas, imagem	44	20	Teste escrito

Analisaremos, a seguir, alguns trabalhos representativos da segunda linha de pesquisa comentada anteriormente.

Na pesquisa realizada por TIBERGHIEN et alii (1980), foram utilizadas entrevistas diretivas e não diretivas com 13 crianças francesas de 10-12 anos sobre os assuntos fonte de luz, iluminação, luz do dia e formação de sombra. Ficou demonstrada claramente a existência nas crianças, do par luz-lâmpada elétrica e a identificação luz-sol, o que evidencia uma associação direta entre a fonte de luz e os efeitos da luz. Esta associação torna inútil a utilização do termo luz pela criança pois ela menciona, apenas, o par fonte-efeito. As crianças entrevistadas por TIBERGHIEN et alii (1980), associam a palavra luz a uma claridade muito intensa o que indica que elas reconhecem a luz somente em nível de percepção. As entrevistas mostraram que as palavras luz e dia não são equivalentes: enquanto a palavra dia tem um emprego mais geral, correspondendo a uma situação habitual de percepção, a palavra luz está ligada a uma situação reforçada da percepção (claridade muito intensa). Com relação à formação de sombras, ficou demonstrado que boa parte das crianças propõem uma relação de variação concomitante entre o tamanho da sombra e a intensidade da luz (se a intensidade da luz muda, o tamanho da sombra também muda). A interpretação do fenômeno da sombra pelas crianças, é feita eliminando toda e qualquer referência explícita à luz. As crianças têm tendências em falar da luz em termos de causalidade ("a luz permite...").

Assim, com relação aos significados dados ao termo luz, TIBERGHIEN et alii (1980) distinguem três categorias:

1 - crianças que identificam a luz como fonte artificial e situada em locais muito iluminados;

2 - crianças que, quando solicitadas pelo professor, dão ao termo luz o significado físico

correto mas que, quando liberada a si mesmas, permanecem no nível anterior (da percepção e da linguagem usual);

3 - crianças que tem a noção de luz como algo que se propaga no espaço entre a fonte e o observador, ou seja, o modelo físico.

A pesquisa realizada por TIBERGHIEN et alii (1980), ensejou uma outra pesquisa realizada por GUESNE (1984) na qual foram entrevistadas 30 crianças francesas de 13-14 anos. Nesta pesquisa ficou confirmado que também para crianças de uma faixa etária maior, a luz elétrica e a luz do sol constituem duas categorias distintas e, a existência da luz só é admitida quando ela é suficientemente intensa para produzir efeitos perceptíveis. GUESNE (1984) comprovou na sua pesquisa "uma evolução sensível que vai de uma identificação da luz com sua fonte ou efeito" (obtido no trabalho de TIBERGHIEN et alii (1980)) "contra um reconhecimento da luz como uma entidade em movimento no espaço."

Um fato importante a ser ressaltado é que nas pesquisas elaboradas por TIBERGHIEN et alii (1980) e por GUESNE (1984), nota-se a preocupação dos pesquisadores em tratar a consistência das respostas da criança e conhecer o processo que levou à resposta dada, colocando-a frente a situações diversas. Esta é uma preocupação relacionada à gênese do conceito alternativo.

Constata-se, ainda, que além da preocupação em analisar as respostas das crianças acerca dos diferentes pontos tratados, existe, também, a preocupação em evidenciar como os resultados permitem avaliar o nível do domínio do conceito por parte das crianças. Trabalhando sempre com a preocupação em conhecer a gênese dos conceitos alternativos, GUESNE (1984) elaborou quatro modelos de visão abstraídos das respostas dos estudantes e que podem ser resumidos no que se segue:

MODELOS DE VISÃO

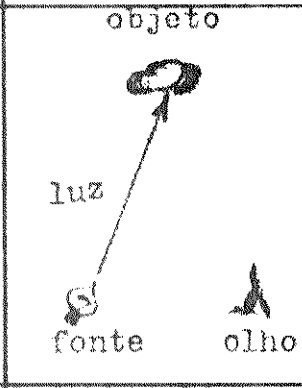
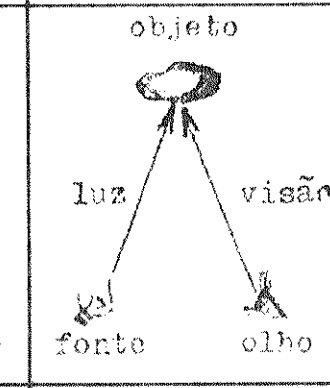
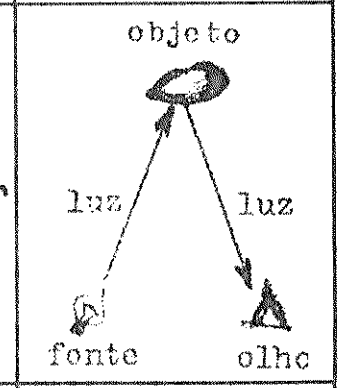
MODELO 1 - Modelo de banho de luz: a fonte luminosa, o objeto e o olho do observador não estão inter-relacionados mas imersos num mesmo "espaço luminoso".(Figura 1).

MODELO 2 - A necessidade da interrelação entre o olho do observador e o objeto não é reconhecida também mas a luz, ao contrário do que ocorria no modelo 1, já tem uma função específica que é iluminar o objeto (Figura 2).

MODELO 3 - Modelo Pitagórico ou modelo dos raios visuais: neste modelo a luz continua com a função específica de iluminar o objeto mas existe, agora, uma ligação entre o olho do observador e o objeto observado, sendo que, ao olho do observador se dá a responsabilidade de ir "buscar" o objeto (Figura 3).

MODELO 4 - Modelo físico: neste modelo, a luz emitida pela fonte luminosa ilumina o objeto e se reflete ao olho do observador atingindo a sua retina iniciando, aí, o processo da visão. Neste modelo o olho do observador é considerado como um receptor (Figura 4).

FIGURA N° 1 . Modelos de Visão segundo Guesne.

MODELO 1	MODELO 2	MODELO 3	MODELO 4
			
FIGURA 1	FIGURA 2	FIGURA 3	FIGURA 4

Vemos, portanto, que para o estudante se apoderar do modelo do físico é condição necessária que ele adquira, na acepção de ANDERSSON e KARQVIST (1983), a "idéia chave da Óptica geométrica" ou seja, "a luz é uma entidade própria que se propaga

no espaço e que é dotada de certas propriedades."

Um outro trabalho inserido dentro da mesma linha de pesquisa é o realizado por LA ROSA et alii (1984) com 63 estudantes italianos de 16-17 anos. Como material de pesquisa forma utilizadas entrevistas individuais e em grupo e testes com questões abertas versando sobre os itens reflexão, refração e dispersão luminosa. Os resultados obtidos desta pesquisa vieram corroborar aqueles encontrados nas pesquisas de TIBERGHIEN et alii (1980) e de GUESNE (1984) ou seja: os estudantes além de atribuírem aos raios visuais à visão, ainda insistem em separar o comportamento da luz e da visão.

Após a anâlise dos dados obtidos na pesquisa realizada por LA ROSA et alii (1984), foram elaborados quatro modelos coerentes sobre a propagação da luz, modelos estes que passaremos a resumir a seguir:

MODELO 1 - a luz enche completamente o espaço e passa em torno dos obstáculos; a luz nos permite ver objetos que são alcançados pelos raios visuais. Este modelo tem como características as respostas dos estudantes que apresentam ausência de representações gráficas, respostas que admitem que o espelho é visto porque a luz bate nele e respostas que admitem que a luz no espelho é vista porque se olha em direção a ele.

MODELO 2 - similar ao modelo 1, descrito acima, mas com a diferença de que os raios de luz obedecem a princípios Euclidianos. A separação entre luz e sombra é definida por linhas retas desviadas por obstáculos. (Figura 2.1);

MODELO 3 - similar aos anteriores mas com a diferença de que a separação entre luz e sombra é, às vezes, dada por linhas retas sem desvios (Figura 2.2);

MODELO 4 - é o modelo caracterizado por representações gráficas corretas: é o modelo físico.

FIGURA N° 2 - Modelos de propagação da luz segundo La Rosa

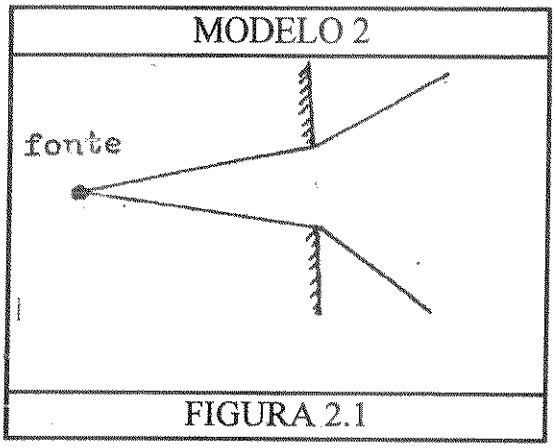


FIGURA 2.1

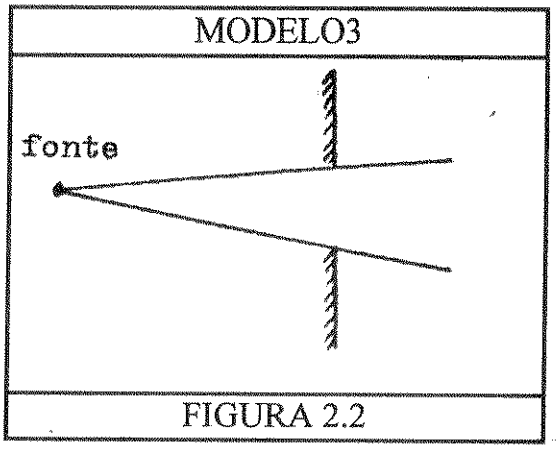


FIGURA 2.2

Verificou-se, também, que a maioria dos estudantes secundários usam os modelos 2 e 3 e que a maioria dos estudantes universitários usam o modelo 4. Das observações feitas por LA ROSA et alii (1984) depreende-se que os modelos 1 e 2 devem "desaparecer" com o tempo mas que o modelo 3 apresenta características que o tornam fortemente enraizado na cabeça dos estudantes devido a sua utilidade em explicar os fenômenos do dia-a-dia dos estudantes.

Verifica-se, também, que embora utilizando termos dinâmicos como: "a luz entra", "a luz chega", o estudante não assimilou o caráter, o comportamento dinâmico da luz; o máximo a que ele chega é associar o movimento da luz ao movimento da fonte luminosa, assim como também concluiu TIBERGHIEN et alii (1980) em sua pesquisa. Assim, as palavras "entrar" e "chegar" não são usadas no seu significado dinâmico mas no aspecto "estático-geométrico". Por isso é que se diz que o trabalho realizado por LA ROSA et alii (1984) permite caracterizar situações de modo "estático", no sentido de que a luz existe somente como condição para se ver algo.

Como conclusão final, LA ROSA et alii (1984) verificaram a existência de certas similaridades entre a concepção dos estudantes sobre a luz e a visão com a antiga teoria grega de LUX e LÚMEM.

No Brasil, TEIXEIRA (1982), realizou uma pesquisa que segue a mesma linha ora abordada utilizando entrevistas diretivas e não-diretivas com 30 estudantes de 11 a 18 anos (estudantes de 5ª a 8ª séries e estudantes do 3° ano do 2° Grau) sobre os temas já abordados por GUESNE (1980) que são: fontes de luz, sombras, espelhos e imagens. Nesta pesquisa TEIXEIRA (1982) pretendia conhecer como o aluno pensa a respeito da luz, que propriedades ele atribui a ela, como ele imagina o processo da visão e como a luz é nele incluído e verificar se o conceito de luz sofre evolução com o passar do tempo. Assim como na pesquisa de TIBERGHIEN et alii (1980) os estudantes mais novos entrevistados por TEIXEIRA (1982), confirmou os dados encontrados por GUESNE (1980) que evidenciam que os estudantes mais velhos já conseguem atingir a idéia de que a luz se propaga entre a fonte e o observador. No entanto, TEIXEIRA (1982) confirmou os dados encontrados por GUESNE (1980) que evidenciam que os estudantes mais velhos já conseguem atingir a idéia de que a luz se propaga entre a fonte e o observador. Além disso, TEIXEIRA (1982) infere a inadequação de se iniciar o curso de Óptica pela Óptica geométrica uma vez que os chamados "raios luminosos" são utilizados pelos estudantes somente como um auxiliar na construção das imagens sem "carregar" consigo as características inerentes à luz. Na formação das sombras, na produção de imagens numa tela de cinema e na queima de uma folha de papel com a utilização de lentes, a luz é, de forma espontânea, freqüentemente considerada como elemento participante dos fenômenos. No entanto, na formação de imagens em espelhos, na visão dos objetos e na iluminação de uma folha de papel branca com uma lanterna, a luz não é levada em consideração ou, quando muito, é relegada a segundo plano. Para TEIXEIRA (1982) a ocorrência de modelos rudimentares acerca de fenômenos físicos concernentes à luz se deve ao fato de que o sujei-

to faz a leitura da experiência em nível da percepção imediata do fenômeno.

Ainda dentro da segunda linha de pesquisa, encontramos o trabalho realizado por STEAD e OSBORNE (1980) com 36 estudantes norte-americanos de 9 a 16 anos. Nesta pesquisa que versava sobre fonte de luz, propagação da luz, refletores e visão, foram utilizadas entrevistas individuais com cartões contendo uma situação a ser analisada pelos estudantes.

Pretendia-se, nesta pesquisa, conhecer como os estudantes utilizavam as palavras envolvidas com os fenômenos ópticos estudados e qual a visão deles acerca do mundo óptico que os rodeia. Da mesma forma que na pesquisa de TIBERGHIEN et alii (1980), na pesquisa de TEIXEIRA (1982) e na de GUESNE (1984), STEAD e OSBORNE (1980) concluíram que a percepção da luz está ligada ao fato de ela ser suficientemente clara para provocar efeitos visíveis. Além disso, ficou claro ao final do trabalho, que muitos estudantes têm a noção de que a fonte de luz a eles mostradas podem "produzir" luz.

Com relação à propagação da luz, os estudantes puderam ser divididos em quatro grupos distintos baseados nas respostas apresentadas:

GRUPO 1 - a luz fica na fonte ou muito próxima a ela;

GRUPO 2 - a luz "caminha" uma pequena distância (cerca de 40cm) além da fonte;

GRUPO 3 - a luz "caminha" 1 metro ou mais, ou até onde a vista alcança;

GRUPO 4 - a luz "caminha" uma longa distância.

Além disso, a distância percorrida pela luz, algumas vezes, depende do tamanho da fonte ou ainda, a distância que a luz percorre depende da circunstância 'durante o dia' ou 'durante a noite', em concordância com o resultado encontrado em outra pesquisa realizada por ANDERSSON E KARRQVIST (1983).

Com relação à visão, somente alguns poucos estudantes deram a versão científica

para o fenômeno, sendo que a grande maioria disse tratar-se da atividade do olhar (raios visuais) ou, ainda, simplesmente porque a luz chega aos nossos olhos. Os modelos de visão elaborados por STEAD e OSBORNE (1980) estão de acordo com os modelos elaborados por GUESNE (1984).

Como trabalho mais recente dentro desta mesma linha de pesquisa, podemos citar a pesquisa elaborada por ANDERSON E SMITH (1986) com estudantes norte-americanos sobre os temas: visão, natureza da cor, o olho e a interação luz/objeto.

Foi verificado que a maneira alternativa de pensar dos estudantes tem muitas das propriedades estruturais das teorias científicas, incluindo a consistência interna e a capacidade de explicar uma grande variedade de fenômenos observáveis. As formas alternativas de pensamento dos estudantes diferem de teorias científicas exatamente no que diz respeito a propriedades estruturais e ao próprio conteúdo.

Ao observar um mesmo fenômeno físico, as crianças tendem a reconhecer muitas distinções contextuais que os cientistas relegam como irrelevantes para a explicação do fenômeno observado. Onde os cientistas vêm fenômenos relacionados por mecanismos idênticos, as crianças vêm ocorrências separadas. Como exemplo, as crianças reconhecem que a luz passa através dos vidros e que as pessoas podem ver através dos vidros mas elas não vêem nenhuma relação entre os dois fatos.

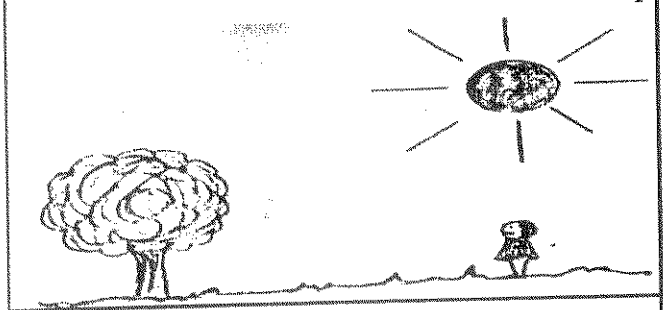
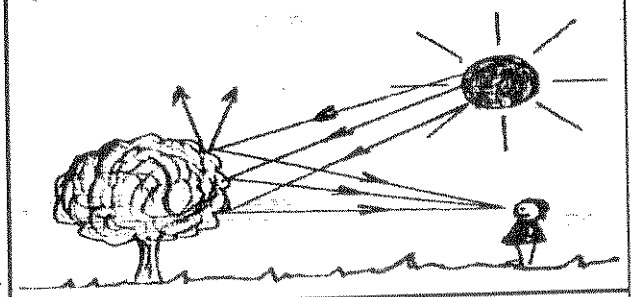
Nesta pesquisa, ANDERSON E SMITH (1986) fizeram uma proposta de material alternativo para o ensino da Óptica que constava de uma série de transparência acompanhadas de um manual para o professor que explicava a natureza dos mais comuns conceitos alternativos dos estudantes e mostrava ainda, como utilizar as transparências. Cada transparência apresenta duas partes: uma descrevendo a situação colocando uma pergunta

relacionada a ela e a outra mostrando a resposta correta para a pergunta apresentada anteriormente, resposta esta tirada do livro-texto utilizado pelo professor (Exploring Science). É mostrado inicialmente ao estudante a 1ª parte da transparência (QUADRO 4. p.25) e dá-se-lhe um tempo para que ele reflita e tente responder a pergunta. Após a resposta do estudante, é mostrada a 2ª parte da transparência, (QUADRO 2. p.13) onde a resposta correta está inserida. Segundo os autores, é através do confronto entre as duas respostas que o estudante "sentirá" a necessidade de abandonar o conceito alternativo. Além disso, no manual do professor, são descritas algumas respostas comuns dos estudantes para cada uma das questões apresentadas, revelando os conceitos alternativos que dão suporte às respostas apresentadas pelos estudantes e contrastando as respostas dos estudantes com a resposta encontrada no livro texto.

Ao todo são apresentadas 13 transparências. Um exemplo do que foi dito pode ser visto no QUADRO N°4, p.25.

QUADRO N° 4 - Transparências Utilizadas por Anderson e Smith (1986)

Descriptions of Individual Transparencies

1 	1 
Q. When sunlight strikes the tree it helps the boy to see the tree. How does it do this?	Q. When sungligt strikes the tree it helps the boy see the tree . How does it do this? A. Some of the light bouces (is reflected) off the tree and goes to the boy's eyes.

"1 - How Light Helps us to see

Common student answers. Many of your students will probably give answers like these to the question:

"The sun shines on the tree"

"The light makes it brighter"

"You can't see in the dark"

Although these answers are not wrong, we find that children who give answers like those above often do not understand the role that reflected light plays in seeing. They tend to believe that we see objects directly rather than detecting light that is reflected form objects. They also commonly think of light as a condition (like warmth), rather than as a form os energy that travels thorough space.

Testbook answer. The arrows on the transparency make it possible for you to follow the path that light takes to the boy's eyes. Notice that the boy does not see the object directly. InSTEAD he sees the light that is from the tree and reaches his eyes".

Os resultados obtidos durante o 1° ano da pesquisa onde o professor de Física trabalhou com o material convencional, sem a ajuda dos pesquisadores e aqueles obtidos no 2° ano de pesquisa quando o material preparado pelos pesquisadores foi utilizado em sala de aula, demonstram que o número de estudantes entendendo os conceitos científicos sobre luz, cor e visão era bem maior no 2° ano de pesquisa quando o material alternativo (transparência e manual) era utilizado. (QUADRO N°5)

QUADRO N°5 - Comparação do número de proposições científicas observadas no 1° e no 2° ano de pesquisa.

Tópicos	Proposições	Percentual de estudantes	
		1° ano (N=113)	2° ano (N=136)
Como as pessoas vêm	luz em constante movimento	28	73
	luz bate ou reflete no objeto	24	79
	os olhos vêm luz refletida	20	78
Cor e visão da cor	luz branca é uma mistura de cores	29	52
	os pigmentos no objeto refletem, seletivamente algumas cores	14	29
	os olhos vêm cores de luz refletida	14	39

Anderson e Smith (1986)

Estas diferenças não devem ser vistas como resultado somente do material utilizado mas, também, como mudanças importantes observadas no comportamento do professor.

Ao analisar as respostas encontradas, ANDERSON E SMITH (1986) fizeram um paralelo onde confrontaram as concepções alternativas dos estudantes e os conceitos formais contidos no texto "Exploring Science" que é um livro de ciências muito utilizado nas séries de 5° Grau nos Estados Unidos.

Descreveremos, agora, os trabalhos de ANDERSSON E KARRQVIST (1983) e de GOLDBERG et alii (1986) que são representantes da 1ª linha de pesquisa que, entre outras coisas, não tem a preocupação com a gênese do conceito alternativo.

O trabalho de ANDERSSON E KARRQVIST (1983) foi levado a cabo com estudantes suecos de 12 a 15 anos e versava sobre os tópicos: propagação da luz, refração da luz a visão e a cor dos objetos. Neste trabalho foram utilizados testes icônicos (perguntas acompanhadas de desenho explicativo) com situações simbólicas onde o estudante deveria analisar um desenho, imaginar uma situação física e apresentar previsões acerca de certas colocações feitas pelos pesquisadores. Nesta pesquisa, a preocupação maior era verificar que conhecimentos os estudantes já possuíam antes da Escolarização formal e que influência esta Escolarização teve para eles.

Neste sentido, ANDERSSON e KARRQVIST (1983) relataram que o efeito da Escolarização formal nas crianças, pouco ou nada contribuiu para que elas deixassem de conviver com uma dualidade: de um lado, o conceito formal, revestido de sua autoridade explicativa e de uma coerência inabalável e, de outro lado, o conceito alternativo, enraizado no íntimo da criança, construído por ela em contato direto com situações do seu cotidiano. Para estes pesquisadores, o professor de Física, em raríssimas ocasiões, tem tido sensibilidade para "aceitar" o conceito que o aluno adquiriu intuitivamente. Uma outra constatação feita por

ANDERSSON e KARRQVIST (1983), é a de que, embora os estudantes de 12-15 anos já devessem ter atingido um estágio cognitivo mais avançado quanto a estruturas operacionais, eles permaneciam no estágio do concreto quanto às estruturas causais.

Uma vantagem observada no trabalho ora analisado é quanto ao grande universo atingido pela pesquisa (558 estudantes) e quanto à amplitude da faixa etária, que permite obter resultados que comprovam a defasagem em relação ao estágio cognitivo, bem como as regressões na evolução do conhecimento. Ao final da pesquisa, ANDERSSON e KARRQVIST (1983) constataram que, embora os estudantes já tivessem tido algum tipo de Escolarização em Óptica, os números encontrados na pesquisa indicavam que a maioria deles jamais alcançou o tema básico do curso de Óptica que é: "a luz é algo que existe e que se propaga no espaço independentemente de sua fonte e efeitos". A maioria dos estudantes identifica a luz como forma de percepção. Para eles, da mesma forma que para TIBERGHIEN (1980) e para GUESNE (1984), a luz é algo natural com a qual convivem desde o nascimento e que, por isso mesmo, não desperta interesse maior a não ser pelo fato de que para se ver um objeto é necessária a presença da luz. Verificaram, também, que uma parcela significativa dos estudantes, assim como na pesquisa de LA ROSA et alii (1984) ainda insistia na idéia de raios visuais para justificar o processo da visão. Pouquíssimos estudantes deixaram claro que a luz "caminha" do objeto ao olho do observador, o que é um forte indício de que a concepção do raio visual é uma realidade que afeta a formação de conceitos entre estudantes. Sobre tal problema ANDERSSON e KARRQVIST chegaram à conclusão que "é provável, também, que os professores não treinem sistematicamente os alunos a respeito destes conceitos básicos, por considerá-los, muitas vezes, como parte da concepção de mundo dos estudantes e, desta forma, o pro-

fessor nunca pensa quão fundamental eles são nem que eles podem ser um problema para os estudantes." Constataram, também, que embora uma parcela significativa dos estudantes utilizasse termos "científicos" como reflexão e refração, dando uma idéia de se tratar de um bom resultado da Escolarização formal, não passava de uma falsa idéia, pois quando colocados frente a outras situações, o uso de tais termos nada tinha a ver com a aquisição do conceito a eles relativos. Tal fato foi também constatado por GOLDBERG et alii (1986) numa pesquisa levada a cabo nos Estados Unidos da América com 200 estudantes do 1° período do curso de Física (universitários). Nesta pesquisa os autores estavam interessados, entre outras coisas, em verificar o problema de formação de imagens nos espelhos planos (tal assunto era parte de um trabalho mais abrangente que se preocupava, também, com espelhos esféricos e com lentes delgadas). Como fonte de dados foram utilizadas entrevistas individuais com situações concretas nas quais estudantes deveriam fazer previsões com relação à imagem formada por espelhos planos. Além disso, foram utilizados, também, grupos de demonstração, questionários e questões de múltipla escolha. Vale a pena ressaltar a metodologia utilizada nesta pesquisa, uma vez que usando questões do cotidiano do estudante e colocando-o frente a problemas concretos pode-se verificar, com certa segurança, se ele adquiriu ou não o conceito pesquisado, "O indicador mais confiável de que um estudante entendeu um conceito de Física, não é o fato dele responder corretamente a perguntas diretas, nem resolver problemas de Física, mas aplicar seus conhecimentos a sistemas físicos simples que ele observa." (GOLDBERG et alii - 1986). Os pesquisadores concluíram que mesmo os estudantes que já passaram por uma Escolarização formal em Óptica, ao fazer uma previsão incorreta de algum fenômeno físico, violavam as leis físicas para justificar tal previsão e que, na maioria das vezes, não

se davam conta de o terem feito. Foi neste sentido que ANDERSSON e KARRQVIST (1983) concluíram que "os esforços dos professores de Física podem ser comparados a uma tentativa de se construir uma casa sem estar assentada uma fundação própria." Finalmente, não se deve subestimar o aspecto de abstração que é apresentado na Óptica Geométrica, a não ser que se queira que os estudantes continuem a fazer uso, por exemplo, do traçado de raios luminosos sem se dar conta de que isto nada mais é do que uma forma simples de procurar entender o comportamento da luz.

SEBASTIÁ (1989), da Universidade de Simòn Bolívar da Venezuela, em um artigo, explora uma nova perspectiva na busca de explicar as interpretações alternativas em física. Defende ele que a grande difusão de modelos de interpretação e a estabilidade destes modelos, só podem ser entendidos dentro de uma teoria de desenvolvimento cognitivo, pois o principal foco destas interpretações alternativas repousa nas propriedades formais das estruturas e no processo de conhecimento que permanece invariável no tempo. O desenvolvimento cognitivo é parcialmente guiado por um complexo grupo de "cognitive constraints" que limitam o tipo de conhecimento que pode ser aceitável em um certo domínio reduzindo-se e/ou distorcendo-o. Além disso, o grupo de "constraint" fortemente estável, tanto pode facilitar como dificultar o aprendizado de certas estruturas de conhecimento.

No nosso trabalho, por exemplo, verificamos que o fato do estudante buscar atribuir relação de causa-efeito para explicar o fenômeno da visão, na qual ele utiliza a ligação olho-objeto, é uma forma de "cognitive constraint" que dificulta a apreensão, por parte do estudante, da explicação formal sobre tal processo. Da mesma forma, o fato de a luz fazer parte do cotidiano do estudante, também funciona como um "cognitive constraint" que dificulta o aprendizado formal de fenômenos onde a luz é envolvida. O fato

aceito pelos estudantes de que a luz enche o espaço ao redor da fonte luminosa e que o faz instantaneamente, constitui, a nosso ver, um "cognitive constraint" para o entendimento de que a luz se propaga e que esta propagação não é instantânea, embora possua uma grande velocidade.

Para SEBASTIÁ, os "cognitive constraint" são constituídos por um grupo de regras de inferência as quais permitem a organização de experiências segundo um padrão determinado; os "cognitive constraint" corresponderiam a certos tipos de modelos explicativos e regras de raciocínio. Estes modelos podem ocasionar redução e/ou distorção cognitiva.

Qualquer intenção de teorizar sobre interpretações alternativas e quanto à possibilidade de mudá-las, segundo SEBASTIÁ, requer do pesquisador responder a duas questões chaves:

1ª - porque as interpretações alternativas, em eventos específicos, feitas por indivíduos de diferentes idades e culturas, assemelham-se umas às outras?

2ª - porque estas interpretações são fortemente resistentes a tentativas de modificá-las?

Até a presente data estas perguntas ainda não foram respondidas satisfatoriamente.

O fato dos "cognitive constraints" permanecerem praticamente inalterados, durante o desenvolvimento do indivíduo, explica a existência de uma "observação continuada" entre interpretações derivadas da realidade, elaboradas por indivíduos de diferentes idades e níveis intelectuais.

Neste artigo, SEBASTIÁ (1989) menciona a metáfora da videira utilizada por PINES e WEST (1986) para descrever a interação entre o conhecimento alternativo, derivado do próprio esforço do indivíduo em explicar o que nos rodeia, e o conhecimento formal, imposto pela Escola. De acordo com esta metáfora, o conhecimento alternativo é

representado por uma parreira que cresce para cima e o conhecimento formal é visto como uma parreira que cresce para baixo. Metaforicamente, o aprendizado de ciências pode ser visto como uma interação entre as duas parreiras, a qual representa a integração de conhecimentos originados das duas fontes. Duas situações são possíveis:

1ª situação:

As duas parreiras se chocam e não se entrelaçam.

Neste caso ocorre "situações conflitivas" das quais a Física apresenta vários protótipos. As duas parreiras crescem independentes uma da outra e nunca se interagem. Neste caso, o conhecimento permanece separado em diferentes compartimentos e, a aprendizagem verdadeiramente significativa, jamais ocorre.

2ª situação:

As parreiras interagem entre si sem maiores dificuldades.

Neste caso ocorrem "situações congruentes". O conhecimento formal passa a reforçar as idéias alternativas dos indivíduos e a integrá-las e extendê-las a novos casos.

Quando a estrutura do conhecimento que é transmitido segue um padrão similar, a das duas parreiras que interagem entre si, essa estrutura poderia ser facilmente aceita pelo indivíduo e, como resultado, ambos os tipos de conhecimento (formal e alternativo) seriam integrados. Mas, se a interpretação formal segue um outro tipo de padrão de explicação, a estrutura é rejeitada ou ela encontrará sérios obstáculos antes de ser aceita. A visão de PINES e WEST (1986) na interação de opiniões alternativas é perfeitamente congruente com a perspectiva de "cognitve constraint".

Segundo SEBASTIÁ (1989), a aprendizagem não consiste somente da aquisição de conhecimento diretamente da experiência ou indiretamente através de informações, mas que ela é sempre influenciada por um grupo de conceitos já existentes na estrutura mental do estudante.

Um dos mais notórios "constraint" na interpretação de fenômenos físicos, é o originado pela atribuição de causa-efeito ligando a relação entre conceitos (força-movimento na mecânica; corrente-voltagem em eletricidade; olho-objeto em Óptica) (VIENNOT, 1979; COHEN et alii, 1983 e MCDERMOTT, 1984).

A existência deste tipo de "cognitive constraint" - que SEBASTIÁ chama de "causual constraint" e que Andersson (1989) chama de "experimental gestalt of causation" - poderia conduzir a várias das interpretações alternativas já relatadas em outros trabalhos e à rejeição, pelo estudante, das interpretações nas quais aparecem diferentes esquemas de interpretação.

Os "cognitive constraint", segundo SEBASTIÁ (1989), desempenham uma função ambivalente no processo de ensino: por um lado eles facilitam a aquisição de certos tipos de conhecimentos que poderiam igualmente ser gerados alternativamente e que requerem somente um processo de maior diferenciação (Lei de Hoock, por exemplo); por outro lado eles podem impedir a aquisição de outros tipos de conhecimento (Lei da inércia, por exemplo) cuja estrutura não pode corresponder com a existência de "constraint" na estrutura mental do estudante. Como conclusão final, SEBASTIÁ (1989) admite que possivelmente, o estudo de Física e o estudo de Línguas não são tão separados como se supunha ser até agora, uma vez que a perspectiva da existência de "cognitve constraint" foi inicialmente formulada para o campo da lingüística.

Em recente artigo, GIL PEREZ e CARRASCOSA (1990) analisaram as várias respostas dadas à pergunta: "o que devemos fazer sobre as 'misconceptions'?" Baseado em pesquisas anteriores, os autores analisaram quatro situações distintas, a saber:

1ª situação: Nada há a fazer

Segundo alguns autores e, entre eles, DRIVER (1986), "as misconceptions" são associadas às idéias alternativas ou aos pré-conceitos adquiridos antes da Escolarização formal e, para PREECE (1984), estas idéias não são aprendidas da experiência mas construídas nas estruturas mentais das crianças. Estas estruturas são inatas e permitem explicar muito do que é conhecido sobre a ciência das crianças.

Aceitando-se a hipótese de PREECE (1984), deveríamos desistir de tentar mudar as idéias alternativas dos nossos alunos. No entanto, como poderia esta hipótese explicar a construção da Física clássica contra a visão pré-classista do mundo? Como ela poderia explicar a grande quantidade de crianças que conseguem aprender significativamente a mecânica Newtoniana? Portanto, na visão dos autores, há muito o que se fazer sobre as "misconceptions".

2ª situação: "É necessário preocupar-se com as "misconceptions"?

Alguns autores e, entre eles MCCLELLAND (1984) sustentam que nós não devemos nos preocupar com as "misconceptions". Afirma ele que as crianças não têm estruturas conceituais alternativas e que a principal razão das "misconceptions" é uma "inatenção estratégica" observada quando as crianças têm que dar respostas para certos fenômenos físicos que não são evidentes para eles. À primeira vista esta colocação parece procedente pois é comum das crianças apresentarem respostas rápidas, sem prestar muita atenção àquilo a que estão respondendo mas, o problema é que as "misconceptions" não ocorrem somente com crianças, mas também com adultos, inclusive adultos com formação universitária. Segundo GIL PEREZ e CARRASCOSA (1990) "a existência de pré-conceitos extremamente firmes e a dificuldade de sua substituição por conceitos científi-

cos não deve ser recusada e nem interpretada como o resultado de uma inatenção estratégica por parte das crianças e, por isso, não devemos nos preocupar muito com as "misconceptions".

3ª situação: "O ensino de ciências como uma mudança conceitual".

Baseados no fato de que muitas das dificuldades no ensino de ciências tem sua origem nos conhecimentos que as crianças adquirem antes do ensino formal e na ignorância deste fato por parte dos professores, HEWSON (1981) e POSNER et alii (1982) propuseram uma estratégia de mudança conceitual. Alguns resultados experimentais levaram HAWKINS e HEWSON (1984) a sugerirem que uma estratégia instrucional baseada no modelo de mudança conceitual permite uma melhor aquisição de conceitos científicos do que a usual estratégia de transmissão/recepção de conhecimentos. A idéia do ensino de ciências como um processo de construção do conhecimento, partindo necessariamente dos conhecimentos prévios, aparece em recentes propostas de vários autores como POSNER et alii (1982), GIL (1983), OSBORNE (1983), DRIVER (1985) e NOVAK (1987).

4ª situação: O ensino de ciências como mudança conceitual e metodológica.

Segundo os autores, para produzir a mudança conceitual não é suficiente levar em conta os pré-conceitos das crianças. Efetivamente, a semelhança entre as idéias alternativas das crianças e os conceitos pré-clássicos não pode ser acidental mas deve ser conseqüência do mesmo modo de "olhar" o problema. O modo como as crianças e os trabalhos pré-clássicos em ciências "olham" os problemas, é um modo muito parecido com o que chamamos de "metodologia da superficialidade". Esta metodologia consiste em evidências do senso-comum, baseadas somente em aparências qualitativas e que são socialmente reforçadas. Os autores afirmam que as estruturas alternativas estão associadas - assim como o senso comum em Física - com uma metodologia caracterizada por convicções, por falta de hesitações ou considerações de possíveis soluções alternativas e por rápidas e muito seguras respostas baseadas em "evidências de senso-comum", e que por

isso eles acreditam que uma mudança conceitual não é possível sem uma mudança metodológica. Eles enfatizam que os aspectos metodológicos e conceituais são inseparáveis. Concluindo, os autores afirmam que não há muito o que se fazer sobre as "misconceptions" em ciências se não se levar em conta, ao mesmo tempo, e muito explicitamente, a associação entre senso-comum-metodologia. Em outras palavras, "o ensino de ciências poderia ser orientado, coerentemente com o processo histórico, como uma mudança conceitual e metodológica numa perspectiva construtivista". (PEREZ E CARRASCOSA, 1990).

Capítulo II

Da Pesquisa

Partindo da experiência adquirida lecionando Física para o 2° Grau e observando que, ao final dos cursos, os resultados obtidos não eram gratificantes e nem estimulavam positivamente, foi que começamos a nos preocupar em minimizar tal problema. Foi assim que ao participarmos de um Curso de Especialização, como discente, tomamos conhecimento, pela primeira vez deste campo de pesquisa que procura conhecer as várias formas de pensar de nossos alunos para, a partir delas, tentar atingir o conhecimento científico.

Entendemos hoje que para tal proposta se tornar viável é necessário confrontar os modelos dos alunos com o modelo científico, através de discussões com os mesmos, em que se procure mostrar a inconsistência e a fragilidade dos modelos ditos alternativos frente aos problemas da Física, ao mesmo tempo em que se busca aproveitar as idéias elementares dos alunos que tenham alguma coerência com o modelo científico. Reconhecemos não ser uma tarefa fácil proceder tais discussões no atual sistema educacional onde o professor não dispõe de tempo nem infra-estrutura para o desenvolvimento do curso de Física proposto. No entanto, acreditamos que esta é a maneira de se conseguir um aprendizado científico autêntico e significativo, ou seja, atingir o conhecimento científico.

Após uma seleção de trabalhos recentes julgados importantes, na área dos conceitos alternativos, procedeu-se a uma síntese dos mesmos e, a seguir, ciente de que os dados obtidos diretamente do discurso do aluno são uma fonte indispensável para quem pretende trabalhar com os conceitos alternativos, elaboramos um modelo de entrevista semi-estruturada através do qual o estudante fosse deixado bastante à vontade para que as suas respostas fossem as mais livre possíveis. Inicialmente pensávamos trabalhar nas en-

trevistas com o problema da formação da imagem nos espelhos planos, com a formação de sombras e com os aspectos gerais relacionados à luz (sua natureza e propriedades). Assim pensando , iniciamos a fase de entrevistas com três estudantes do 3° ano do 2° Grau do Colégio dos Jesuítas de Juiz de Fora - MG. A idade destes três estudantes era de 17 anos. Nesta primeira fase de entrevistas utilizamos materiais concretos tais como: espelho plano, lanterna de bolso, pequenos objetos opacos, uma folha de papel em branco e uma lente convergente. (Anexo1).

Foi verificado, por exemplo, que os estudantes entrevistados na primeira fase piloto ao se depararem com o espelho plano, não o reconheciam como tal, sabendo tratar-se tão somente de um espelho (dizendo, por exemplo, que era um espelho côncavo). Isto fez com que as perguntas das entrevistas da 2ª fase explorassem mais este fato e não partisse do pré-suposto de que o estudante já sabia o que era um espelho plano.

Uma outra modificação para a segunda fase da entrevista foi motivada pela verificação que, na 1ª fase, o aluno não fazia ligação entre o olho do observador e o objeto observado no ato da visão. Isto fez com que se explorasse mais o mecanismo da visão na 2ª Fase de entrevistas procurando saber, por exemplo, se, na concepção do aluno, "alguma coisa" saia do objeto e chegava ao olho do observador.

Uma outra preocupação que tivemos ao elaborar as entrevistas da 2ª fase, foi o fato de verificarmos que as respostas dos estudantes na 1ª fase de entrevistas, davam indícios de que a luz era confundida com a sua fonte, ou reconhecida somente por seu efeitos e não como uma entidade física dotada de propriedades próprias. Por isso, na 2ª fase de entrevistas houve uma preocupação maior em verificar se os estudantes reconheciam algumas propriedades da luz, como a de se propagar em linha reta e a de possuir

uma velocidade que, embora muito grande, não é infinita.

Procuramos, ainda, verificar se o estudante identificava o processo de formação de sombras com o fato de a luz não ultrapassar objetos opacos, o que nos levaria a pensar a luz como um processo dinâmico e não como um processo estático pois, para que a luz seja "barrada" pelo obstáculo, é necessário que ela tenha "caminhado" até ele e, este fato poderia aparecer nas respostas dos estudantes.

Foi assim que, após estas três entrevistas da 1ª fase, (fase piloto) partimos para uma 2ª fase do trabalho na qual entrevistamos quatro estudantes do 1° ano do 2° Grau do Colégio dos Jesuítas de Juiz de Fora - MG. A faixa etária destes estudantes era de 14 - 15 anos. É importante observar que na 1ª fase de entrevistas trabalhamos com estudantes que já haviam tido alguma Escolarização formal em Óptica e que, na 2ª fase das entrevistas, trabalhamos com estudantes que ainda não haviam tido nenhuma Escolarização formal em Óptica.

Iniciamos as entrevistas com questões abertas do tipo: "para você o que é a luz?, onde há luz?."

É importante observar que quando perguntamos ao estudante "o que é a luz?", estávamos interessados em que ele discorresse sobre a luz pois, a partir das informações obtidas é que poderíamos verificar o que o estudante pensava e, desta forma, conduzir a entrevista. Portanto, mais importante que uma resposta objetiva do estudante, estão as informações "secundárias" que ele pode nos dar numa conversa menos formal.

Quando verificávamos que o estudante não tinha muita clareza ao responder a uma pergunta, fazíamos uma outra pergunta para tentar explicitar (confirmando ou não) o que ele havia dito anteriormente. Procuramos, também, confrontar as situações conflitivas objetivando tornar mais claras as idéias do estudante e possibilitando que ele refletisse

sobre suas próprias respostas com o propósito de reavaliá-las.

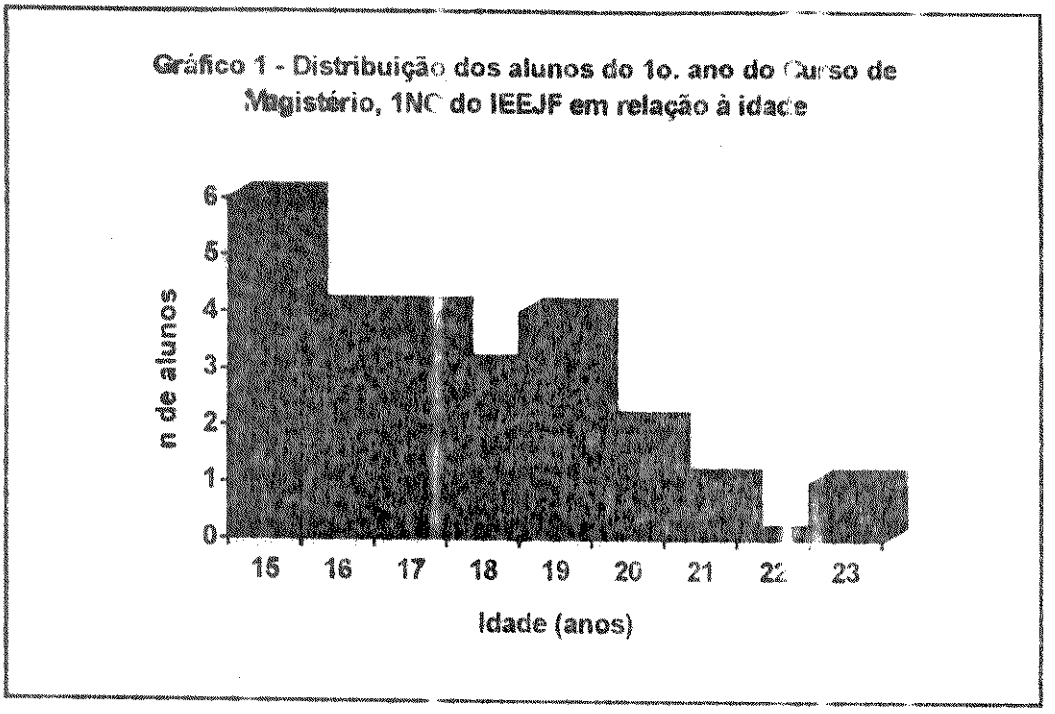
Delimitado o campo de pesquisa como sendo os conceitos alternativos em Óptica (luz e visão, principalmente), partimos para a elaboração do segundo instrumento de coleta de dados que consistiu, na sua versão final, de dois questionários escritos contendo, cada um deles, seis questões (Anexo 1)

O questionário n° 1 foi montado procurando explorar o conhecimento dos estudantes acerca do processo de visão, da formação de sombras e da relação da sombra formada com a fonte de luz, da natureza da luz, da identificação de fontes luminosas e da conservação da luz. (Anexo1).

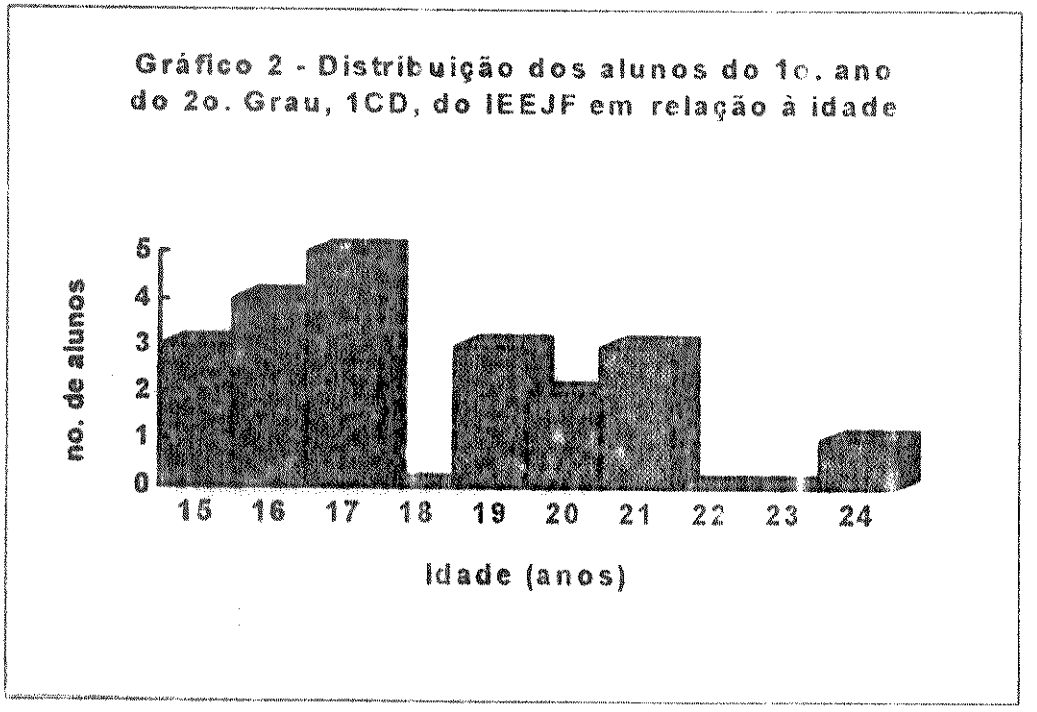
O questionário n° 2 foi montado procurando explorar o conhecimento dos estudantes acerca da propagação retilínea da luz, da reflexão difusa, da reversibilidade dos raios luminosos e da formação de sombras. (Anexo 1).

O questionário n° 1 foi aplicado a três turmas do Instituto Estadual de Educação de Juiz de Fora (IEEJF) (Escola A) a saber: uma turma do 1° ano do 2° Grau com 21 alunos, uma turma do 1° ano do Magistério com 25 alunos e uma turma do 3° ano do 2° Grau com 34 alunos. Além destas turmas, o questionário n°1 foi aplicado, também, a uma turma do 2° ano do 2° Grau com 51 alunos do Colégio Cristo Redentor - Academia de Comércio de Juiz de Fora (Escola B).

No primeiro ano do curso de Magistério, 1NC, aplicamos o questionário a 25 alunas cujas idades variavam de 15 a 23 anos. Como podemos ver pelo gráfico n° 1, maior número de alunos está localizado na faixa dos 15 anos de idade sendo que a maior concentração de alunos é entre 16 e 20 anos. A grande maioria destes alunos trabalha durante o dia. Todos os alunos desta turma são do sexo feminino.



Na turma do 1° ano do 2° Grau, 1CD, aplicamos o questionário a 21 alunos cujas idades variavam dos 15 aos 24 anos. Verificamos pelo gráfico 2, uma maior concentração de alunos em torno dos 16-17 anos de idade. Nesta turma somente nove estudantes são do sexo masculino e são os de maior idade.



Já na turma do 3° ano do 2° Grau, 3C, aplicamos o questionário a 34 alunos cujas idades variavam dos 16 aos 26 anos. Embora tivéssemos 3 alunos acima dos 21 anos, a grande concentração de alunos é em torno dos 18-19 anos, como podemos visualizar pelo gráfico 3. Nesta turma temos uma distribuição aproximadamente eqüitativa entre homens e mulheres. Já nesta turma, os estudantes de maior idade são do sexo feminino.

Na turma do 2° ano do 2° Grau, 2MA da Escola Cristo Redentor - Academia de Comércio - Juiz de Fora, aplicamos o questionário a 51 alunos cujas idades variavam de 15 a 20 anos. Como podemos ver no gráfico 4, a maior concentração de alunos se faz em torno dos 16 anos de idade. Nesta turma, 36% dos alunos são do sexo masculino.

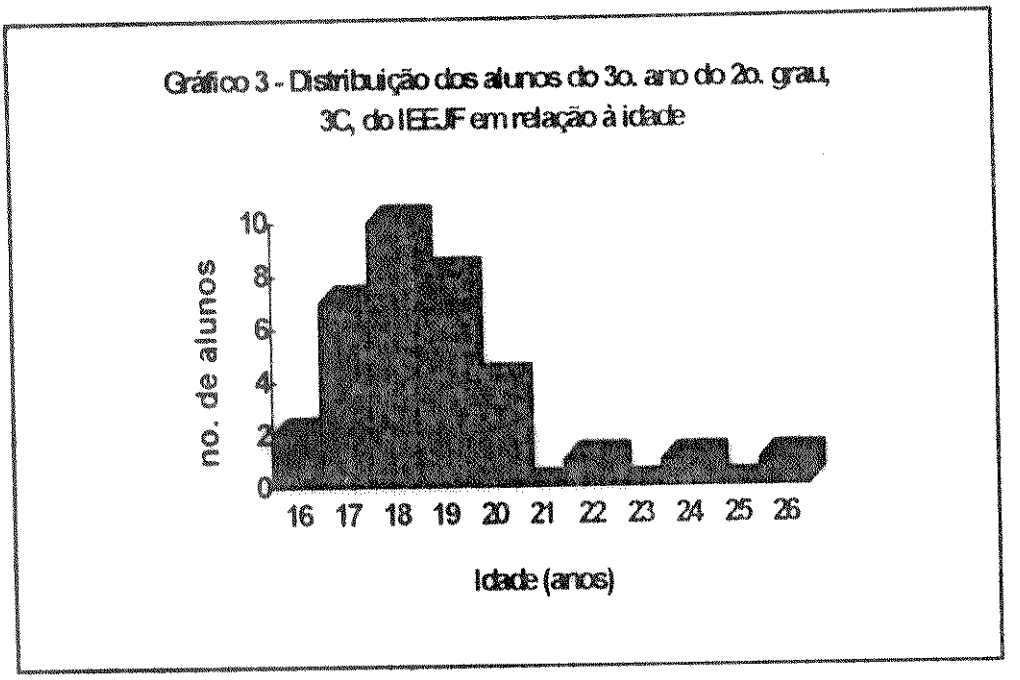
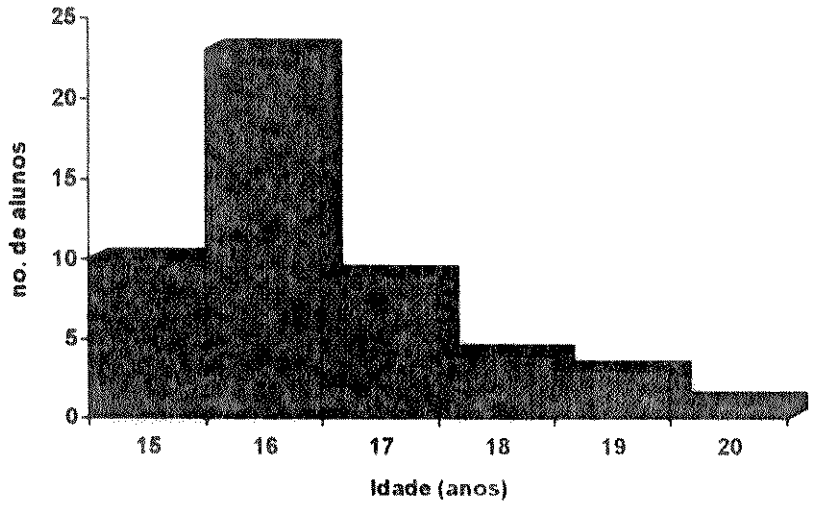


Gráfico 4 - Distribuição dos alunos do 2o. ano do 2o. Grau, 2MA, do colégio Academia de Comércio, em relação à idade

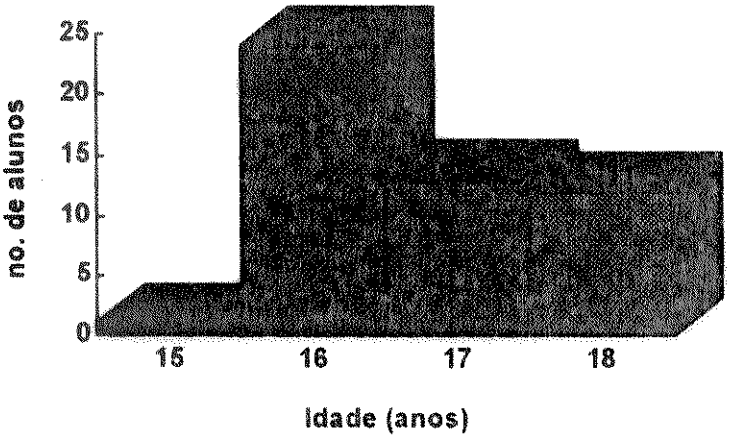


A escolha dos Colégios onde o questionário n° 1 foi aplicado pautou-se inicialmente, no fato de se tratar de Colégios que funcionam em turnos diferentes (Escolas A à noite e Escola B durante o dia) e no fato de englobarem alunos de níveis sócio-econômicos diversos (Escola A - Classe Baixa e Escola B - Classe Média) No caso da Escola A, a escolha das turmas foi feita levando-se em conta a representatividade de cada curso ministrado na Escola (2° Grau e magistério).

O questionário n° 2 foi aplicado a um total de 119 alunos da Escola Cristo Redentor - Academia de Comércio de Juiz de Fora (Escola B), a saber: 50 alunos da 2ª série do 2° Grau turno matutino (2MB), 41 alunos da 1ª série do 2° Grau (1MB), turno matutino e 28 alunos do 1° ano do 2° Grau, turno vespertino (1CT).

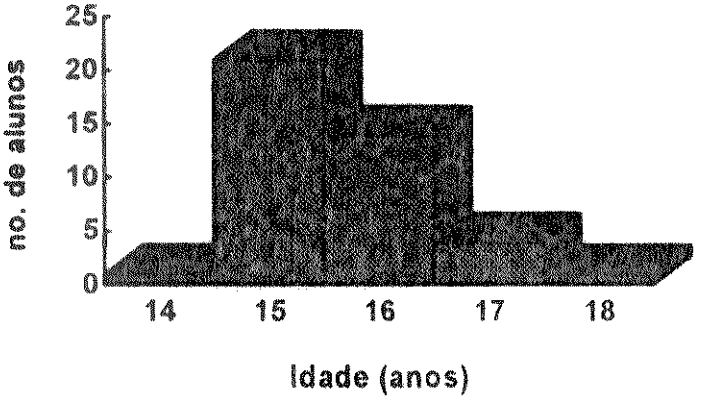
Na turma do 2MB, o questionário 2 foi aplicado a um total de 50 alunos cujas idades iam de 15 a 18 anos. Como podemos ver pelo gráfico 5, a maior concentração de alunos está em torno dos 16 anos de idade. Nesta turma a distribuição em relação ao sexo é exatamente igual, 50% do sexo masculino e 50% do sexo feminino. Nossa intenção em aplicar o questionário n° 2 a uma turma diferente daquela onde aplicamos o questionário n° 1 é a de se conseguir o máximo de informações com alunos de uma mesma faixa etária e dentro de uma mesma Escola o que nos permitirá uma avaliação melhor do efeito da Escolarização na incidência dos conceitos alternativos.

Gráfico 5 - Distribuição dos alunos do 2o. ano do 2o. Grau, 2MA da Escola Cristo Redentor em relação à idade



Na turma do 1MB o questionário nº 2 foi aplicado a 41 alunos cujas idades variavam de 14 a 18 anos. Como podemos perceber do gráfico 6, a maior concentração de alunos é em torno dos 15-16 anos de idade.

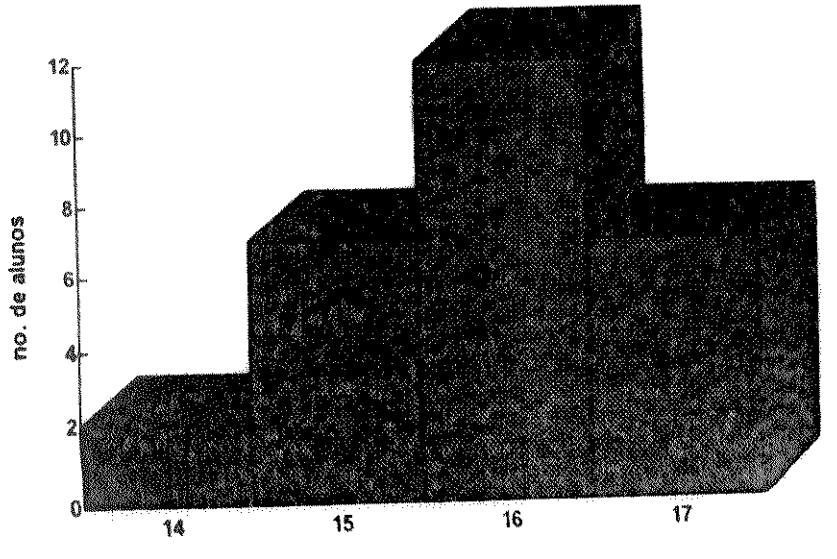
Gráfico 6 - Distribuição dos alunos do 1o. ano do 2o. Grau, 1MB, da Escola Cristo redentor em função da idade



Também nesta turma do 1MB temos 50% de alunos do sexo masculino e 50% de alunos do feminino. A escolha desta turma para a aplicação do questionário n° 2 se pautou inicialmente no critério de sorteio e, em segundo lugar, por se tratar de uma turma onde os alunos trabalhavam durante o dia o que nos permitirá uma comparação entre esta turma e a turma do 1CD do IEEJF onde aplicamos o questionário n° 1.

Na turma do 1CT o questionário foi aplicado a 28 alunos cujas idades variam dos 14 aos 17 anos. Embora a turma fosse de 40 alunos, no dia da aplicação do questionário n° 2 só estiveram presentes 28 alunos. Como podemos ver pelo gráfico 7, a maior concentração de alunos se faz em torno dos 16 anos de idade. Esta turma do 1CT do Colégio Cristo Redentor - Academia de Comércio de Juiz de Fora - é uma turma considerada diferentemente dentro da Escola pois é a única turma do 1° ano do 2° Grau que funciona no turno vespertino e que, por isso mesmo, é considerada uma turma cujo rendimento Escolar, se comparado com as outras turmas do 1° ano que funcionam no turno matutino, é bem melhor, uma vez que, ao final do 2° grau, estes alunos conseguem ser aprovados em maior número no Concurso Vestibular.

Gráfico 7 - distribuição dos alunos do 1o. ano do 2o. Grau, 1CT, do Colégio Cristo Redentor - Academia de Comércio de Juiz de Fora - em relação à idade.



Capítulo III

Investigação sobre Concepções Alternativas em Óptica

A partir da análise das entrevistas (primeira e segunda fases) e dos questionários no 1 e no 2, foi possível selecionar algumas respostas interessantes que permitiram uma primeira idealização do modelo conceitual dos estudantes.

As respostas das alunas EUS (16a, 10m) e FLA (17a, 3m) às perguntas da entrevista da primeira fase acerca da posição da imagem num espelho plano dão conta de que a imagem formada por um espelho plano era como se fosse um quadro pintado em sua superficie.

Questionadas, na entrevista da primeira fase, acerca do tamanho da imagem formada por um espelho plano, as alunas EUS (16a, 10m), FLA (17a, 3m) e GIA (17a, 3m) foram unânimes em admitir a relação entre o tamanho da imagem e a posição do observador em relação ao espelho plano.

As estudantes entrevistadas por nós na primeira fase deste trabalho ao serem perguntadas *Há luz na sala?*, responderam "que havia luz e que ela estava em toda parte", ou seja, "estamos imersas em luz".

Quando solicitadas a mostrarem, através de um desenho como elas (EUS, FLA e GIA) viam um determinado objeto, ficou evidenciado que elas acreditavam na necessidade de uma interrelação entre o olho do observador, o objeto e a fonte luminosa, embora não conseguissem explicar, de forma clara, como se dava esta relação; elas chegaram, inclusive, a dar ao olho a função de *ir buscar* a imagem do objeto.

As respostas obtidas com as estudantes RUB (17a, 9m), PHI (14a, 10m), JUL (13a, 10m) e MAR (16a, 5m), nas entrevistas da segunda fase, parecem não diferir muito daquelas obtidas anteriormente. Enquanto o estudante PHI não via relação alguma entre o

objeto, a fonte e o olho do observador no processo da visão, o aluno JUL representou, através de um desenho, a forma correta de se explicar o processo da visão, interrelacionando a fonte, o objeto e o olho do observador.

Na Tabela 1, a seguir, apresentamos a distribuição de respostas à 1ª pergunta do questionário N° 1 que relacionava vários nomes de objetos do cotidiano do aluno e solicitava que ele marcasse aqueles que produziam luz.

TABELA N°1 - Respostas à primeira pergunta do questionário N° 1.

Pergunta: Entre os objetos abaixo, marque aqueles que produzem luz: o fogo, os olhos, uma vela, um lápis, o sol, um espelho, uma garrafa, uma janela e uma lente.

	Escola A		Escola B	
n° de alunos	**1° do 2° Grau** 21	**1° magistério** 25	**3° do 2° Grau** 34	**2° do 2° Grau** 51
	%	%	%	%
o fogo	95,23	100,00	94,08	98,00
o sol	95,23	100,00	97,02	100,00
os olhos	14,28	12,00	14,70	3,92
um espelho	19,04	8,00	17,64	35,28
uma vela	80,95	92,00	73,50	80,36
uma garrafa	9,52	0,00	2,94	0,00
um lápis	0,00	0,00	0,00	0,00
uma janela	19,04	16,00	0,00	7,84
uma lente	14,28	16,00	17,64	27,44

Escola A: Instituto Estadual de Educação de Juiz de Fora
Escola B: Colégio Cristo Redentor - Academia de Comércio

A Tabela N°2 nos mostra respostas à questão N°2 do questionário N°1 relacionada à sombra de uma caneta projetada no chão por uma lâmpada acesa que foi substituída por outra lâmpada de maior potência.

TABELA N°2 - Respostas à pergunta N°2 do questionário N°1

Foi perguntado: Uma lâmpada presa ao teto de uma sala, projeta, no chão, a sombra de uma caneta. Se trocarmos a lâmpada por outra mais forte (que ilumina mais), o que ocorrerá com a sombra da caneta? Explique.

	Escola A		Escola B	
n° de alunos	**1° do 2° Grau**	**1° magistério**	**3° do 2° Grau**	**2° do 2° Grau**
	21	**23**	**34**	**51**
	%	%	%	%
a sombra aumenta	82,96	60,76	58,80	60,76
a sombra diminui	17,04	26,06	35,34	13,72
permanece igual	0,00	0,00	0,00	17,64
outras	0,00	13,18	5,86	7,88

Escola A: Instituto Estadual de Educação de Juiz de Fora - MG
Escola B: Colégio Cristo Redentor - Academia de Comércio - JF

A questão N°6 do questionário N°1 versava sobre uma situação imaginada onde uma lente era utilizada para acender um cigarro.

A Tabela N°3, a seguir, apresenta a distribuição de respostas a esta questão

TABELA N°3 - Respostas à sexta questão do questionário N°1

Pergunta: O que você acha que aconteceu com a luz após ela passar pela lente e acender o cigarro?

	Escola A		Escola B	
n° de alunos	**1° do 2° Grau**	**1° magistério**	**3° do 2° Grau**	**2° do 2° Grau**
	21	**22**	**32**	**51**
	%	%	%	%
a luz aumenta - cresce	57,12	32,03	30,00	35,00
a luz se transforma	28,56	13,63	17,25	34,00
outras	14,32	54,34	52,75	31,00

Escola A: Instituto Estadual de Educação de Juiz de Fora - MG
Escola B: Colégio Cristo Redentor - Academia de Comércio - JF

O questionário n° 2 constou de seis questões abertas, onde o estudante era solicitado a apresentar uma explicação para cada resposta dada. As quatro questões iniciais (anexo 4) foram adaptadas dos problemas utilizados inicialmente por JUNG (1982) na pesquisa com estudantes alemães e, posteriormente, na pesquisa de LA ROSA (1984) com estudantes italianos. Estas questões diziam respeito a uma situação esquemática na qual uma lâmpada acesa iluminava um prédio de três andares com as janelas abertas, tendo um muro obstaculizando a passagem da luz até a altura do segundo andar.

A Tabela N°4 apresenta as percentagens de alunos que utilizaram corretamente o traçado de raios luminosos para responder a questão N° 2 do questionário N° 2 onde era solicitado do aluno mostrar os locais onde um observador deveria estar, dentro do prédio, para que pudesse enxergar a lâmpada acesa.

TABELA N°4 - Percentagens de alunos que utilizaram o formalismo do traçado de raios luminosos para responder à questão N°2 do questionário N°2

Pergunta: Mostre através de um desenho o(s) local(locais) onde você deve estar dentro do prédio para que possa ver a lâmpada. Explique.

	Escola B		
n° de alunos	**2° do 2° Grau manhã 50**	**1° do 2° Grau manhã 41**	**1° do 2° Grau tarde 28**
Utilizaram o traçado formal de raios luminosos	40,00%	58,53%	42,85%

Escola B: Colégio Cristo Redentor - Academia de Comércio - JF

O estudante PIE (15a, 6m) do 1ª série, 2° Grau (manhã) ao responder à pergunta: Você acha que dentro do prédio existe algum lugar onde a lâmpada não consegue iluminar? escreveu que: *Sim, no interior das salas B e C, pois a luz quando chega às ja-*

nelas do prédio se refletirá em todas as direções, mas não para dentro das janelas B e C, pois não há um objeto refletor que faça os raios incidirem dentro delas.

Com relação a esta mesma pergunta, vários alunos (cerca de 30%), entre eles ALE (16a, 3m) do 1º ano do 2° Grau (manhã), responderam que *Sim, pois a lâmpada estava muito distante do prédio.* O aluno REN (14a, 10m) do 1ª série do 2° Grau (tarde),com relação à mesma pergunta, escreveu que *Sim, na parte do fundo da janela C. Além do empecilho (muro) os raios luminosos já estão fracos demasiadamente a ponto de alcançar uma área onde não se possa ver a lâmpada.* Já o aluno ROB (17a, 11m) do 1ª série do 2° Grau (tarde) respondeu que *Sim, porque o foco luminoso não faz curva e assim não deixa clarear as janelas B e C.* O estudante RAN (18a, 4m) do 2ª série do 2° Grau respondeu que *A janela B não recebe diretamente a radiação da luz, mas existe um pouco de luz.* A estudante ALI (16a, 1m) do 2ª série do 2° Grau escreveu que *Não é necessária a visão da fonte de iluminação para ver a luz que ela produz.* Da mesma forma, o estudante ERI (16a, 2m) do 2ª série do 2° Grau reforçou que *Mesmo não vendo a lâmpada a claridade chega.*

Constatamos que, em relação à mesma pergunta, 64% dos estudantes do 2ª série do 2° Grau, 50% dos estudantes do 1ª série do 2° Grau (manhã) e 40% dos estudantes do 1º científico (tarde) responderam que: *O muro impede a passagem da luz*, o que, de certa forma, evidencia o conhecimento do caráter dinâmico da luz.

Foi-nos possível constatar ainda que, de um universo de 119 estudantes, cerca de 35% deles falam da luz em termos de causalidade, utilizando termos como *ilumina* e *clareia*, o que a princípio não representa nenhum impecilho para o aprendizado da óptica.

Capítulo IV

Apresentação e Análise dos dados obtidos sobre as Concepções Alternativas em Óptica.

As respostas obtidas dos questionários aplicados permitiram, num primeiro momento, a obtenção de dados quantitativos que nos davam conta do percentual de estudantes que responderam às questões de uma determinada maneira. O que se pretende agora, é encontrar por trás destes dados quantitativos, informações que possibilitem descobrir quais são as idéias marcantes acerca da forma de pensar de nossos estudantes.

Análise das respostas do Questionário n° 1 (Página 149)

Analisando, então, o questionário n° 1 notamos que:

a) na primeira questão onde os estudantes foram solicitados a identificar fontes de luz, foram relacionados fontes de luz e objetos comuns do cotidiano dos estudantes tais como o fogo, o sol, uma vela acesa, os olhos, um espelho, um lápis, uma garrafa, uma janela e uma lente;

b) os objetos relacionados nesta questão podem ser reunidos em três grupos distintos:

grupo 1 - objetos reconhecidos como produtores de luz pela grande maioria dos estudantes, tais como: o fogo, o sol e a vela acesa;

grupo 2 - objetos que, por serem transparentes ou por permitirem a reflexão luminosa foram identificados como produtores de luz por uma parcela significativa dos estudantes tais como: os olhos, um espelho, uma janela, uma lente e uma garrafa;

grupo 3 - constituído pelo único objeto listado que é opaco e que foi descartado pela unanimidade dos estudantes, como produtor de luz e que é o lápis.

Ao analisarmos as respostas à questão que solicitava que o aluno previsse o que

ocorreria quando se trocava uma lâmpada (que projetava a sombra de uma caneta) por outra de maior potência, verificamos que:

- As respostas foram categorizadas em três grupos distintos: a) a sombra aumentará; b) a sombra diminuirá; c) a sombra permanecerá igual.

- Dentro da categoria (a) "a sombra aumentará", foi contemplada a colocação de que a sombra ficará mais forte.

- Dentro da categoria (b) "a sombra diminuirá", foi contemplada a colocação de que a sombra ficará menos nítida.

- Para alguns estudantes, "a sombra aumentará", significa que ela crescerá de tamanho tornando-se maior. Exemplo disso são as respostas abaixo:

ADR (16 a, 11m - 2° ano do 2° Grau)

. "aumentará de tamanho pois a projeção será maior devido a luz ser mais forte."

ADR (16a, 7m - 1° Magistério)

. "a sombra vai crescer de tamanho, vai aumentar."

- para alguns estudantes, "a sombra aumentou.", significa que ela se tornou mais forte, mais nítida, ficando mais destacada em relação à região clara. Exemplo disso são as respostas abaixo:

CAR (15a, 7m - 1° ano do 2° Grau)

. "a forma da caneta refletida no chão ficará mais nítida".

EDN (17a, 4m - 1° ano do 2° Grau)

"a sombra da caneta ficará mais visível, por que a sala ficará mais clara e a sombra mais escura."

- Já para os outros estudantes, "a sombra aumentará", tanto pode significar que

ela crescerá de tamanho ou que ela se tornará mais nítida permanecendo, portanto, uma dúvida. São exemplos disso:.

RIT (16a - 2° ano do 2° Grau)

. "eu acho que a sombra irá aumentará porque a intensidade da luz também aumentará."

EUL (18a, 7m -3° ano do 2° Grau)

. "aumentará. Porque a luz ficará mais forte e a claridade ficará maior."

- Da mesma forma, quando os estudante disseram que "a sombra diminuirá", foi possível observar que alguns deles relacionaram a palavra "diminuirá" com o tamanho da sombra, como por exemplo:

JOS (19a, 1m - 3° ano do 2° Grau)

. "a sombra da caneta irá diminuirá o seu tamanho devido a luz ser mais forte."

ADR (18a - 3° ano do 2° Grau)

. "ela diminuirá seu tamanho"

- Para alguns outros estudantes, "a sombra diminuirá", significa que ela ficará mais clara, menos nítida, ou seja, a palavra "diminuirá" é relacionada com a intensidade da sombra. Como exemplo:

SIM (15a - 1° ano do 2° Grau)

. "diminuirá, por que a luz sendo mais forte, ela tornará a sombra mais clara."

- Para alguns outros estudantes, também permaneceu a dúvida, sendo que o fato de se dizer que "a sombra diminuirá" tanto pode se referir ao tamanho dela, quanto à sua nitidez. Como exemplo:

EDN (18a, 9m - 3° ano do 2° Grau)

. "diminuirá, por que a lâmpada sendo mais forte impedirá de refletir a sombra."

EDI (17a, 1m - 3° ano do 2° Grau)

. "a sombra da caneta diminuirá pois com a lâmpada mais forte, a claridade será também maior, com isso, a sombra diminuirá."

- De todas as respostas a que parece mais significativa é aquela onde a grande maioria dos estudantes achou que "a sombra aumentará." (65,00%).

Com a pergunta: "Para você o que é a luz?"(Pergunta N°3 - Questionário N°1) se pretendeu explorar a natureza da luz e suas propriedades. Após a análise das respostas, podemos destacar que:

I - Luz como corpúsculo

- para alguns estudantes a luz tem caráter corpuscular e, além disso, tem uma velocidade muito grande. Como exemplo:

GIL (19a, 11m - 3° ano do 2° Grau

. "são minúsculas partículas materiais perfeitamente elásticas e que alcançam altíssimas velocidades."

MAR (17a, 1m - 1° Magistério)

. "a luz para mim é uma projeção que chega a nós através de milésimos de segundos, acho que é impossível contar o tempo em que ela nos chega. Ela pode se expandir através de partículas incontáveis".

II - Luz ≡ Sol

- para uma parcela significativa dos estudantes, a luz é confundida com o sol. Para exemplificar vejamos as seguintes respostas:

GIS (19a, 9m - 1° Magistério)

. "para mim a luz é o sol."

EVE (18a, 9m - 3° ano do 2° Grau)

. "luz é energia, como por exemplo o sol."

III - Luz≡Força e Luz≡Energia

- alguns estudantes utilizam termos como "força" e "energia" sem conhecerem o seu significado físico ou com significado diferente daquele empregado pelo físico, como por exemplo:

GIS (19a, 1m - 2° ano do 2° Grau)

. ... "luz é uma energia que produz brilho e reflexo."

SAN (20a, 1m - 1° ano do 2° Grau)

. ... "luz é força que ilumina."

ALE (15a, 10m - 2° ano do 2° Grau)

. ... "luz é uma modalidade de força que ilumina e nos permite ver."

IV - Luz≡Fonte Luminosa

- alguns estudantes deixaram transparecer, através de suas respostas, a confusão que fazem entre luz e fonte luminosa. Como exemplo:

QUI (19a, 1m - 3° ano do 2° Grau)

. "luz é uma fonte luminosa que produz energia."

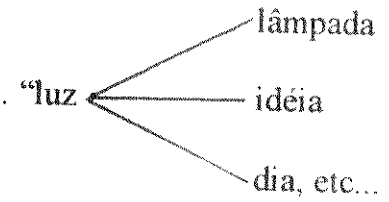
TER (19a, 4m - 1° ano do 2° Grau)

. "luz é uma criação do homem que com o tempo evolui."

NAR (15a, 4m - 1° ano do 2° Grau)

. "quando estamos em casa, no escuro, acendemos a luz para melhor vermos as coisas."

VAL (16a - 1° ano do 2° Grau)



V - Luz como efeito

- a maioria dos estudantes tende a falar da luz em termos de seus efeitos de iluminar e clarear. Vejamos os exemplos abaixo:

GIS (16a, 8m - 2° ano do 2° Grau)

. "luz é o reflexo de algo que brilha, que ilumina."

MAR (15a, 10m - 2° ano do 2° Grau)

. "luz é algo que ilumina."

REN (16a, 10m - 2° ano do 2° Grau)

. "luz é claridade, é vida."

REG (18a, 2m - 2° ano do 2° Grau)

. "luz é algo que significa claridade, iluminação, é algo totalmente contrário de escuro."

LUC (16a, 5m - 2° ano do 2° Grau)

. "luz é uma claridade que você não pode tocar e sim sentir."

VI - Luz como necessária à visão

- para alguns estudantes, a luz é vista como algo necessário à visão dos objetos. Como exemplo:

ALE (15a, 2m - 1° Magistério)

. "é uma claridade que nos permite enxergar as coisas ao nosso redor."

JOS (20a, 5m - 1° ano do 2° Grau)

. "luz é tudo aquilo que nos ajuda a enxergar durante a noite."

CAR (16a, 7m - 1° ano do 2° Grau)

. "fonte de energia que quando ativada permite a visão dos objetos."

VII - Luz como onda

- o caráter ondulatório da luz parece fazer parte do conhecimento de alguns estudantes, como por exemplo:

RUB (15 a, 9m - 1° ano do 2° Grau)

. "a luz é formada por ondas eletromagnéticas."

VIII - Luz e raios luminosos

- uma parcela significativa dos estudantes associa a luz com raios luminosos. Como exemplo:

SER (1° ano do 2° Grau)

. "são raios luminosos/captados pela nossa visão."

SIL (17a, 8m - 3° ano do 2° Grau)

"são raios luminosos que refletem nos objetos."

ELA (17a, 11m - 3° ano do 2° Grau)

. "luz é a propagação de vários raios luminosos que se juntam e iluminam o ambiente em que estão."

Numa outra questão foi apresentada uma caneta, uma lâmpada acesa e o olho do observador. Foi pedido para o estudante mostrar, através de um desenho ou através de palavras, como ele consegue ver a caneta (Pergunta N°4 - Questionário N°1. A análise das respostas obtidas possibilitou-nos concluir que:

I - O olho "ativo" - Alguns estudantes apresentaram o modelo do olho ativo para explicar o processo da visão.

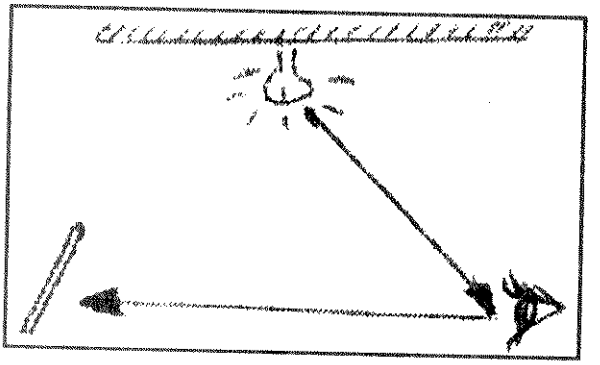
- Eles consideraram que cabe ao olho do observador ir "buscar" a imagem do objeto.

CLA (17a, 9m - 1° Magistério)

. "através de emissão da luz na caneta, os Olhos seguem os raios luminosos até atingirem seu objetivo que é ver a caneta."

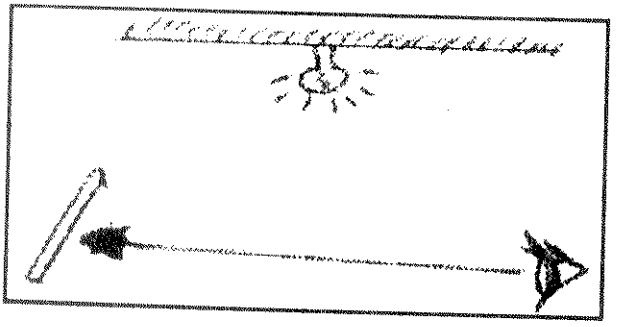
WEL (24a, 1m - 3° ano do 2° Grau)

. "a luz incide no olho e desencadeia o processo da visão.



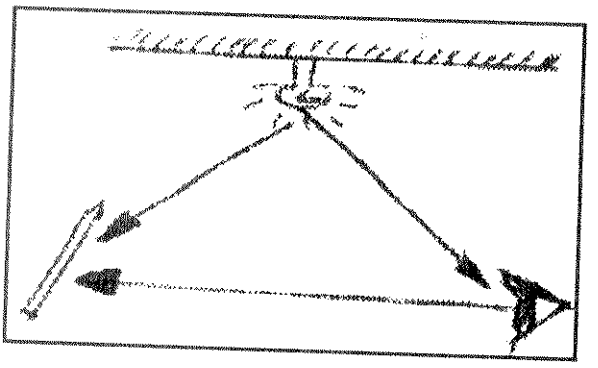
SER (19a. - 2° ano do 2° Grau)

. "a luz não interfere na visão."



MAR (15a., 10m - 2° ano do 2° Grau)

. "a luz ilumina o objeto incide no olho e aí desencadeia o processo da visão."



II - O Olho "passivo"

- uma parcela significativa dos estudantes apresentou respostas que dão à luz o papel de iluminar o ambiente, ao passo que ao olho não é dada nenhuma função o que caracteriza o modelo do olho passivo..

ANA (16a. 10m - 2° ano do 2° Grau)

. "como a luz da lâmpada ilumina, o observador pode ver a caneta."

LIL (18a, 6m - 2° ano do 2° Grau)

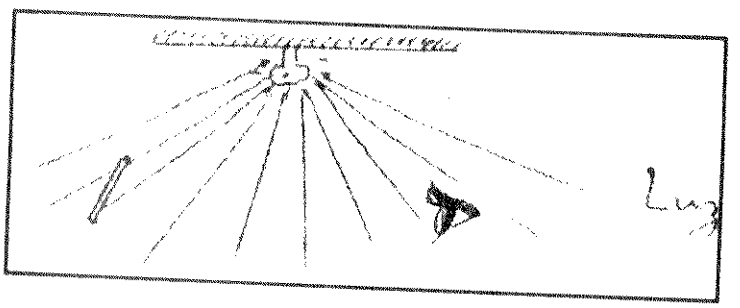
. "a luz iluminará o local sendo possível enxergar a caneta."

CAR (17a., 8m - 3° ano do 2° Grau)

. "ocorre que, com a luz acesa, há uma iluminação do ambiente, facilitando a visão da caneta."

ERN (21 a. - 1° ano do 2° Grau)

Modelo do banho de luz



III - "Eidola"

- alguns estudantes consideram que a imagem de um objeto é formada fora d olho do observador e que a luz leva esta imagem, já pronta, para o interior do olho do ob servador.

As respostas abaixo justificam tal fato.

SIM (15a. - 1° ano do 2° Grau)

. "a luz reflete-se no objeto e reflete a imagem do mesmo aos olhos do observador.

MAR (17a., 1m - 1° Magistério)

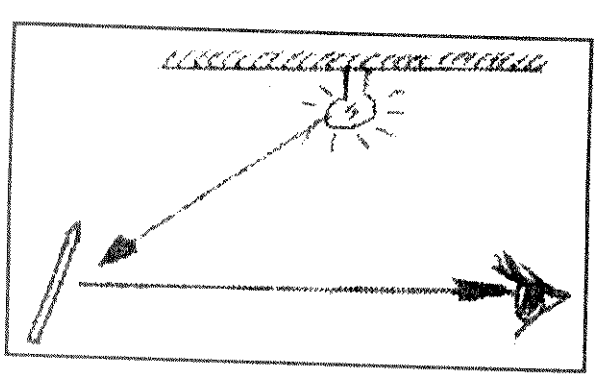
. "ele consegue ver não por seus olhos terem este poder é porque a luz cheg nesse objeto refletindo-o aos olhos do observador."

IV - Modelo científico da visão

- alguns poucos estudantes demonstram, através de suas respostas que, a princípio adotam ou têm o modelo científico para explicar o processo da visão da caneta, fazendo o tra çado correto de raios luminosos na visão científica ou explicando, corretamente, o processo Como pode constatar as respostas abaixo:

LEV (19a, 2m - 3° ano do 2° Grau)

. "a luz chega até a caneta, refletindo parte da luz (que define o formato, a cor da caneta) e absorve todas as outras cores."



PAU (19a, 8m - 3° ano do 2° Grau)

. "a luz emitida pela lâmpada ao se encontrar com a caneta é refletida e os olhos do observador capta esta imagem passando-a para o cérebro."

SER (1° ano do 2° Grau)

. "os raios de luz focalizam a caneta e, imediatamente, são expelidos para qualquer direção, nossa vista captando os raios lançados após tocar a caneta, com a configuração desta."

Duas outras questões foram relacionadas com a utilização de uma lente para acender um cigarro. Foi solicitado dos estudantes que explicassem através de um desenho ou palavras, como eles fariam para acender um cigarro utilizando uma lente. Posteriormente, foi solicitado também aos estudantes, que dissessem o que aconteceu com a luz ao passar pela lente (Perguntas 5 e 6 - Questionário N°1). Da análise das respostas obtidas verificamos que as mesmas podem ser reunidas em dois grandes grupos que são:

- Grupo 1 - afirmações que dão a idéia de que a luz, ao passar pela lente, aumentará, crescerá.

1 - "aumentou a energia da luz."

EVE (18a., 9m - 3° ano do 2° Grau)

. "ganhou energia."

RON (20a. 4m - 3° ano do 2° Grau)

. "Ao passar pela lente de grau, os raios solares ficaram mais intensos se agrupando em um ponto só, aumentaram sua energia calorífica acendendo o cigarro."

ALE (17a, 4m - 2° ano do 2° Grau)

. "ela aumentou sua quantidade de energia."

ELI (16a, 5m - 2° ano do 2° Grau)

. "eu acho que como a lente tem o poder de aumentar os objetos, o mesmo aconteceu com o sol, sua luz aumentou."

2 - "ficou mais forte." Como exemplo:

SER (19a - 2° ano do 2° Grau)

. "se concentrou em um ponto, tornando-se mais forte e acendendo o cigarro, no ponto em que for atingido."

JUL (15a., 6m. - 2° ano do 2° Grau)

. "tornou-se mais intensa."

ERI (16a., 6m. - 2° ano do 2° Grau)

. "Ficou mais forte, mais nítida."

3 - "a luz aumentou o calor e passou."

. ROSA (15a., 9m. - 1° Magistério)

. "ela adquiriu mais calor e passou."

MAR (15a., 9m - 1° ano de 2° Grau)

. "aconteceu que a luz passou pela lente, esquentou e notou-se o calor que acendeu o cigarro."

4 - "a lente aumentou o calor da luz."

MAR (20a., 8m - 3° ano do 2° Grau)

. "o potencial de calor foi aumentado através da lente assim, com o calor concentrado no cigarro, foi possível acendê-lo."

JES (18a., 9m. - 3° ano do 2° Grau)

. "acho que ela aumentou de calor devido a lente de vidro e consequentemente acendeu o cigarro.

ADR (20a. 5m. - 1° Magistério)

. "quando ela passou pela lente, ela sofreu um tipo de aquecimento de reação, dando origem ao fogo.""

- Grupo 2 - afirmações que dão a idéia de que a luz, ao passar pela lente se transformará.

1 - "a luz se aquece"

GIL (19a, 9m - 3° ano do 2° Grau)

. "a luz se aquece demais, chegando a queimar, assim que o cigarro acende."

AND (19a., 5m. - 3° ano do 2° Grau)

. "a luz emitiu raios que passando pela lente de vidro superaquecerão e chegarão a uma temperatura que acendeu o cigarro."

SIL (17a., 6m - 3° ano do 2° Grau)

. "é que após passar pela lente ela se aquece e se transforma em fogo podendo acender o cigarro."

MAR (19a. 1m - 1° ano do 2° Grau)

. "a lente aumentou o calor da luz após passar por ela."

HEL (16a. 1m. - 1° ano do 2° Grau)

. "ao entrar em contato com a lente, a luz se aquece."

2 - "a luz se transformou em fogo."

CAR (15a., 7m - 1° ano do 2° Grau)

"transformou-se em energia e/ou em fogo."

LIL (19a., 6m. - 2° ano do 2° Grau)

"se transformou em fogo"

GIS (19a., 1m. - 2° ano do 2° Grau)

. "a luz ao passar pela lente se transformará em fogo, pois só assim o cigarro poderá ser aceso."

EDU (16a., 3m. - 2° ano do 2° Grau)

. "se transformou em fogo e acendeu o cigarro."

3 - "a luz se transformou"

ROS (17a., 8m. - 1° ano do 2° Grau)

. "ela se transformou em energia calorífica."

FAB (16a., - 2° ano do 2° Grau

. "transformou-se em calor."

MAR (15a., 10m. - 2° ano do 2° Grau)

"a energia luminosa se transformou em energia térmica."

ALE (15a., 10m - 2° ano do 2° Grau)

. "ela passou para outra modalidade de energia, a energia térmica."

Verificamos, também, das respostas obtidas que a maioria dos estudantes não reconhece a conservação da luz, pois, para eles, a lente aumenta/diminui a luz. Como exemplo:

JOR (21a. - 1° ano do 2° Grau)

. "a luz aumentou e fez com que sua temperatura se elevasse a ponto de acender o cigarro."

ERN (21a. - 2° ano do 2° Grau)

. "a luz duplicou."

ELI (17a., 1m. - 3° ano do 2° Grau)

. "a luz diminuiu."

Algumas outras respostas não puderam ser englobadas nos dois grupos relacionados e, por isso, foram agrupadas passando a constituir a categoria de "outras". Forma englobadas respostas do tipo: "não sei", "em branco" e, "a lente se aqueceu." Como exemplo:

MAR (21a., 1m - 1° Magistério)

. "ela esquentou a lente e o calor fez com que o cigarro acendesse."

SAN (20a. 1m. - 1° ano do 2° Grau)

. "a luz aqueceu a lente passando o calor por ela e acendendo o cigarro."

LAN (17a. 6m. - 1° ano do 2° Grau)

. "a luz fez com que a lente ficasse quente para acender o cigarro."

JOS (20a. 5m. - 1° ano do 2° Grau)

. "Ela esquentou a lente e o calor passa pela lente acendendo o cigarro."

- alguns poucos estudantes conseguiram explicar, de maneira convincente, a ação da lente no processo:

SER (19a. - 2° ano do 2° Grau)

. "a luz se concentrou em um ponto tornando-se mais forte e acendendo o cigarro, no ponto em que foi atingido."

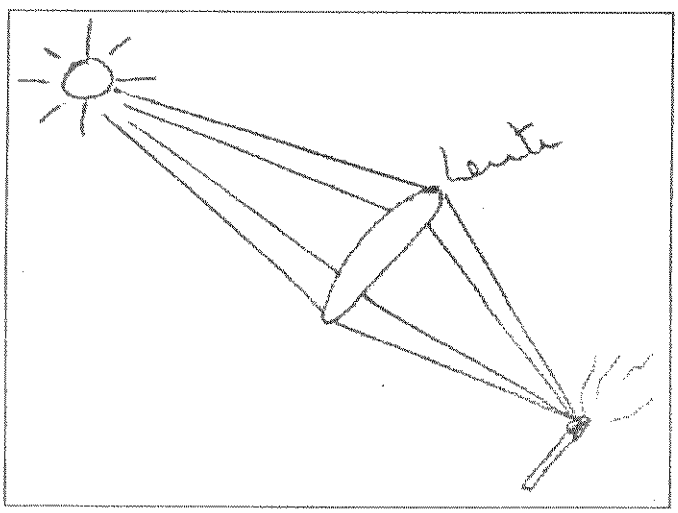
AND (18a. - 3° ano do 2° Grau)

. "a lente concentrou a luminosidade ou seja, a luz vem espalhada e, ao passar pela lente, ela saia em forma de cone concentrando sua luminosidade."

ADR (18a. - 3° ano do 2° Grau)

. "no caso da lente, os feixes se unem formando um só e são refletidos todos na mesma direção, podendo, assim, acender o cigarro."

Quando a explicação foi dada através do desenho, notamos que um número bem maior de estudantes conseguiu explicar de maneira satisfatória, a função da lente no ato de acender o cigarro. Assim é que 40,00 % dos estudantes do 1° ano do 2° Grau, 20,00 % dos estudantes do 1° Magistério, 50,00 % dos estudantes de 2° ano do 2° Grau e 75,00 % dos estudantes do 3° ano do 2° Grau , fizeram um desenho no qual o sol, a lente e o cigarro foram apresentados como abaixo:



É importante atentar para o fato de que a idéia de que a luz "crescerá", "aumentará", ao passar pela lente, é bem mais forte do que a idéia de que "a luz se "transformará".

Análise das respostas ao questionário n° 2

Ao analisarmos o questionário de n° 2, constatamos que:

- No questionário N°2 quatro questões estão relacionadas à mesma situação esquemática ou seja, uma lâmpada acesa iluminando um prédio de três andares (com as janelas abertas) e um muro cuja altura corresponde à da janela do 2° andar. Na questão N°1 foi perguntado:

- "de qual (is) janela (s) estando dentro do prédio, pode-se ver a lâmpada? Porque?, Na Tabela N°5 apresentamos respostas à pergunta formulada acima:

TABELA N° 5 - Respostas à 1ª pergunta do questionário n° 2

	1° ano do 2° Grau (manhã)	1° ano do 2° Grau (tarde)	2° ano do 2° Grau
	(41 estudantes)	(38 estudantes)	(50 estudantes)
	%	%	%
O muro impede a visão	90,24	74,99	80,00
outras justificativas	9.76	25,01	20,00

Dentre as respostas contidas em "outras justificativas", podemos destacar as seguintes:

ADR (18a. - 2° ano do 2° Grau)

. "das janelas B e C você pode ver a lâmpada melhor por causa da distância".

YVE (17a., 10m. - 2° ano do 2° Grau)

. "da janela A porque a distância entre a lâmpada e o mudo só permite que esta seja vista pela janela A".

ISA (18a., 3m - 2° ano do 2° Grau)

. "de nenhuma delas. Da janela A eu vejo apenas a luminosidade da lâmpada e não esta. Da janela B ainda vejo sua luminosidade, o muro impede um pouco a visão. Da janela C, o mudo impede totalmente a visão."

SON (16a., 6m. - 1° ano do 2° Grau)

. "da janela A porque de B só se vê a luminosidade e da janela C só se vê um clarãozinho."

MAY (17a., 5M. - 1° ano do 2° Grau)

. "da janela A. Depende do brilho da lâmpada, depende do muro se não for muito alto, da janela B porque aí você olha reto."

- uma parcela significativa dos estudantes, cerca de 60 estudantes (50,00% deles) utiliza o traçado de raios luminosos para explicar onde a luz ilumina para explicar onde a luz ilumina dentro do prédio.

- com uma representatividade bastante grande, 38 estudantes (30,00%) afirmaram que a lâmpada não ilumina certas partes do prédio porque está muito distante do mesmo. Como exemplo, vejamos as respostas abaixo para a pergunta: "Você acha que dentro do prédio existe algum lugar onde a lâmpada não consegue iluminar? Por quê?" (Pergunta N°4 do questionário N°1).

REN (17a, 5m - 1° ano do 2° Grau)

. "sim, porque ela estará muito distante de dentro do prédio".

ALE (16a, 3m - 1° ano do 2° Grau)

. "sim, prédio C pois a lâmpada está bem distante além de existir o muro em sua frente."

LUC (16a, 9m - 2° ano do 2° Grau)

. "sim, porque a luminosidade não alcançaria uma distância como esta, ainda mais estando numa posição inferior como está."

ADR (18a. - 2° ano do 2° Grau)

. "janela A, porque a distância é maior".

ALI (16a., 1m. - 2° ano do 2° Grau)

. "sim, porque ela está longe e existem barreiras, como o muro".

VAL (17a., 10m. - 2° ano do 2° Grau)

. "existe, porque a distância entre a lâmpada e o prédio é grande".

As respostas acima nos dão indícios de que para os estudantes a luz ilumina uma pequena área ao redor da fonte.

- o fenômeno da difusão luminosa não é reconhecido pela grande maioria dos estudantes, uma vez que somente dois estudantes utilizaram-se dele para explicar o fato da janela C, do primeiro andar, receber luz da lâmpada.

ADR (16a., 6m. - 2° ano do 2° Grau)

. "todas, devido à reflexão da luz".

RAY (16a., 8m. 1° ano do 2° Grau)

. "sim, porque os raios luminosos não conseguem atravessar o muro a não ser que possam ser refletidos no ar e lançados no prédio."

As duas últimas questões do questionário N°2 apresentam uma situação na qual uma lâmpada acesa projeta no chão, a sombra de uma caixa. Perguntados sobre o que ocorrerá com a sombra da caixa ao substituir a lâmpada por outra de maior potência os estudantes apresentaram respostas que foram reunidas em três gupos distintos: 1) aumentará; 2) diminuirá e 3) permanecerá a mesma.

A Tabela N°6 mostra a distribuição das respostas dos estudantes sobre a situação da substituição da lâmpada por outra de maior potência.

TABELA N° 6 - Respostas à pergunta: "O que ocorrerá com a sombra da caixa se substituírmos a lâmpada por outra de maior potência?

	1° ano do 2° Grau (manhã)	1° ano do 2° Grau (tarde)	2° ano do 2° Grau
	(41 estudantes)	(38 estudantes)	(50 estudantes)
	%	%	%
aumentará	68,85	46,43	54,00
diminuirá	12,20	14,29	16,00
permanecerá a mesma	21,95	39,28	30,00

Aqui, também, não ficou claro o que o estudante quer dizer quando afirma que a sombra aumentará: para alguns ficou claro que eles se referem ao tamanho da sombra; para outros a certeza é de que eles se referem à intensidade da sombra, mas para alguns estudantes, não fica claro se eles se referem ao tamanho ou à intensidade, permanecendo a dúvida. Em todo caso resolvemos agrupar todas a respostas que se referem ao aumento da sombra dentro de uma mesma categoria. Igual comentário é válido para o fato de dizer que a sombra diminui. Vejamos alguns exemplos:

1 - A sombra aumentará de tamanho:

ANA (15a., 7m. - 1° ano do 2° Grau)

. "ficaria maior, porque a luminosidade sobre a caixa seria maior."

ALE (15a., 4m. - 1° ano do 2° Grau)

. "a sombra ficará maior."

ALEX (16a., 3m - 1° ano do 2° Grau)

. "a sombra aumentará, pois, seu alcance será maior."

2 - Aumentará a intensidade da sombra:

ERI (15a., 5m. - 1° ano do 2° Grau)

. "a sombra fica mais visível. Porque o meio ficará mais claro e a sombra mais escura."

FAT (16A., 3m., - 1° ano do 2° Grau)

. "a sombra só ficará escura."

3 - Não fica claro se aumentará de tamanho ou de intensidade

LAU (15a., 6m. - 1° ano do 2° Grau)

. "a sombra aumentará, porque a luminosidade sobre a caixa será maior."

DAN (15a, 6m. - 1° ano do 2° Grau)

. "aumentará a sombra devido ao aumento de carga de luz."

Pela tabela 6 (pag.69), ficou claro que a idéia mais abundante é a de que a sombra aumentará com o aumento da luminosidade.

Os estudantes foram solicitados a responder o que fariam para que a sombra da caixa desaparecesse estando a lâmpada acesa.

As respostas foram reunidas em dois grupos:

1 - colocar a lâmpada sobre a caixa

2 - outras respostas (conforme TABELA 7 abaixo)

TABELA 7 - Respostas à pergunta: "Para que não apareça nenhuma sombra da caixa no chão, estando a lâmpada acesa, o que devemos fazer? Explique."

	1° ano do 2° Grau (manhã)	1° ano do 2° Grau (tarde)	2° ano do 2° Grau
	(41 estudantes)	(38 estudantes)	(50 estudantes)
	%	%	%
colocar a lâmpada sobre a caixa.	58,53	71,45	78,00
outras respostas	41,47	29,58	22,00

Na categoria outras respostas, constatamos respostas que dão conta de que a lâmpada deve ficar atrás da caixa pois, assim, toda a região seria de sombra e isto foi interpretado como se a sombra da caixa tivesse desaparecido.

Numa comparação com os resultados obtidos da questão, "Uma lâmpada presa ao teto de uma sala projeta no chão, a sombra de uma caneta. Se trocarmos a lâmpada por outra mais forte (que ilumine mais), o que ocorrerá com a sombra da caneta? Explique," verificamos que o percentual de respostas é aproximadamente igual ao percentual encontrado na questão "se substituírmos a lâmpada por outra mais forte, o que ocorrerá com a sombra da caixa? Explique" (Questionário N°2)

Capítulo V

Classes de Respostas

Da análise das respostas obtidas na pesquisa, concluimos que as principais idéias dos estudantes podem ser organizadas de acordo com os seguintes aspectos:

1 - a retilinearidade da luz;

MAR (16a., 5m. - 1° ano do 2° Grau)

. "...quando eu acendo a lanterna, a luz dela não faz curva, então, eu acho que a luz se propaga em linha reta."

2 - a propagação da luz com uma velocidade que é muito grande;

RUB (15a., 9m. - 1° ano do 2° Grau)

. "... demora um pouquinho porque a luz tem uma velocidade muito grande."

3 - objetos opacos são obstáculos para a passagem da luz;

PHI (14a., 10m - 1° ano do 2° Grau)

. "... a luz consegue passar através do vidro porque ele não é opaco."

4 - a luz como fonte de calor e, algumas vezes, confundida com o sol;

LUI (16a., 10m. - 1° Magistério)

. "... luz é uma energia que há na terra para nos aquecer e também para à noite servir de iluminação."

EVE (18a., 9m. - 3° ano do 2° Grau)

. "luz é energia, como por exemplo o sol".

5 - O caráter corpuscular da luz, em algumas situações;

GIL (19a., 11m. - 3° ano do 2° Grau)

. "...são minúsculas partículas materiais perfeitamente elásticas, que alcançam altíssimas velocidades."

6 - A imagem do objeto, já formada, é projetada dentro do olho do observador;

SIM (15a., - 1° ano do 2° Grau)

. "a luz reflete-se no objeto e reflete e imagem do mesmo aos olhos do observador."

7 - A luz como condição para a visão;

ALE (15a., 4m. - 1° Magistério)

"O observador consegue ver a caneta porque existe a presença da luz, porque se não houvesse luz, ele não teria condições de enxergar a caneta."

MAI (17a., 1m. - 1° Magistério)

. "ele consegue ver a caneta não por seus olhos terem este poder, é porque a luz chega nesse objeto refletindo-o aos olhos do observador".

8 - O modelo de tato-visual para explicar o processo da visão de um objeto;

CLA (17a., 9m. - 1° Magistério)

. "através da emissão de luz na caneta, os olhos seguem os raios de luz até atingirem seu objetivo que é ver a caneta."

9 - A associação, ou mesmo, a confusão entre luz e fonte de luz;

GIS (19a., 9m. - 1° Magistério)

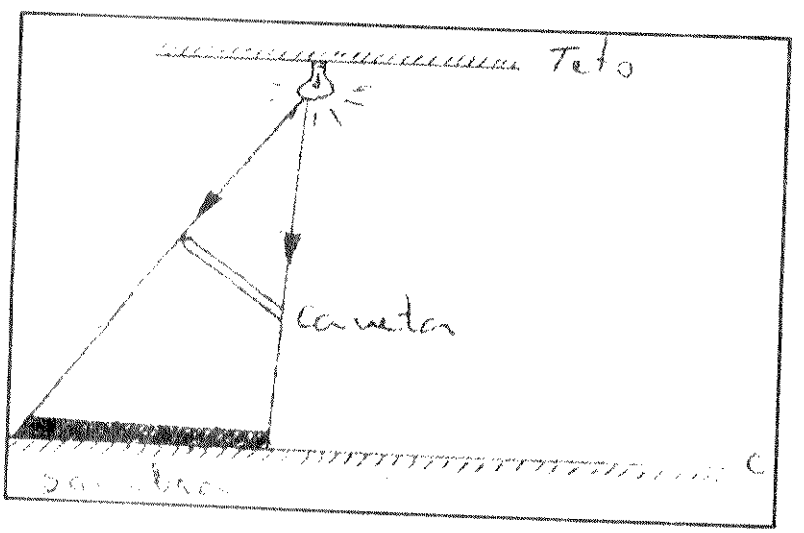
. "a luz é o sol".

EVE (18a., 9m. - 3° ano do 2° Grau)

. "... luz é energia, como por exemplo o sol. A luz também como a inventada pelo homem (lâmpada). Ambas as luzes são importantes para a vida."

10 - O processo de formação de sombras através de traçado geométrico;

GIL (19a., 11m. - 3° ano do 2° Grau)



Pela análise das respostas das entrevistas da 1ª e da 2ª fases e dos questionários n° 1 e n° 2 (Anexo), verificamos que os estudantes envolvidos na pesquisa nos forneceram dados que nos permitiram relacionar as fontes de luz, os efeitos da luz, as características e as principais propriedades da luz e desta forma , pensamos uma primeira classificação destas respostas.

As redes utilizadas na classificação são constituídas de duas espécies de escolha e seleção, uma indicando condições de escolha (ou) e a outra indicando possibilidade de uma escolha (e).

Para isto utilizamos a notação chamada de BARRA ou BAR que é representada por um colchete ([) e que representa um conjunto de escolha exclusivas (ou) e a notação chamada BRACKET ou BRA e representada por uma chave ({) que indica uma co-seleção (e).

Tentando resgatar o que de mais importante conseguimos obter desta pesquisa, elaboramos um quadro de classes de respostas que permitiu dar uma visão, ainda que inicial, do modelo conceitual dos estudantes. As classes foram selecionadas levando-se em conta a incidência de determinadas respostas dos estudantes sobre alguns assuntos relacionados à luz, (as fontes de luz, os efeitos provocados pela luz, a constituição da luz, a função da luz e as principais propriedades da luz). De posse destes dados elaboramos o seguinte quadro:

Quadro N° 6 - Quadro de classes de respostas

- **LUZ**
  - FONTES
    - identificada
      - solar
      - elétrica
    - não identificada
  - EFEITOS
    - comparável ao fogo
    - força que ilumina
    - responsável pela sombra
  - CARACTERÍSTICAS
    - CONSTITUIÇÃO
      - onda
      - corpúsculo
      - raios
      - fluido
      - coisa não palpável
    - FUNÇÃO
      - necessária à visão
      - necessária à vida
    - OUTRAS
      - substância quase totalmente química
      - espécie de eletricidade
  - PROPRIEDADES
    - DINÂMICAS
      - penetra nos olhos
      - combina as cores
      - reflete
      - ultrapassa objetos
    - INTRÍNSECAS
      - brilha
      - clareia - ilumina
      - aquece
    - PROPAGAÇÃO
      - trajetória
        - forma
          - reta
          - curva
        - extensão
          - finita
          - infinita
      - velocidade

Apresentaremos a seguir algumas respostas dos estudantes que exemplificam os itens do quadro de classes anteriores.

I - FONTE

i - identificada:

ADR (18a., 1m. 3° ano do 2° Grau)

. "... o sol (fonte natural) produz luz e uma lâmpada elétrica e o fogo também."

RON (20a., 4m. - 3° ano do 2° Grau)

. "existem dois tipos de luz: artificial e natural. A natural é uma fonte de energia que é gerada pelo sol. A artificial, inventada pelo homem para iluminar lugares escuros."

GIS (19a., 1m. - 2° ano do 2° Grau)

. "a luz solar é natural que possui brilho e reflexo. Existe luz elétrica através da lâmpada."

ii - não identificada

VAL (16a. -2° ano do 2° Grau)

. "luz é claridade, é a iluminação interpretada em muitos sentidos:

luz ← lâmpada
luz ← idéia
luz ← dia - calor

II - EFEITOS

i - comparável ao fogo:

LAU (17a., 6m. - 1° ano do 2° Grau)

. "luz é alguma coisa luminosa e que tem calor muito grande capaz de ser comparada ao fogo."

ii - força que ilumina:

LIL (18a., 6m. - 2° ano do 2° Grau)

. "luz é uma força que ilumina, ou seja, clareia um local escuro."

ALEX (15a., 10m - 2° ano do 2° Grau)

. "luz é uma modalidade de força que ilumina e nos permite enxergar."

iii - responsável pela sombra;

FAB (15a., 6m. - 1° ano do 2° Grau)

. "somente a janela A porque a lâmpada vai projetar a sombra do muro sobre as janelas B e C."

III - CARACTERÍSTICAS

III.1 - CONSTITUIÇÃO

i - onda:

RUB (15a., 9m. - 1° ano do 2° Grau)

. "a luz seria formada por ondas, ondas eletromagnéticas."

ii - corpúsculos:

GIL (19a., 11m. - 3° ano do 2° Grau)

. "são minúsculas partículas materiais perfeitamente elásticas, que alcançam altíssimas velocidades."

iii - raios:

SIL (17a., 6m. - 3° ano do 2° Grau)

. "são raios luminosos que se refletem nos objetos."

SER (1° ano do 2° Grau)

. "são raios luminosos captados pela nossa visão."

iv - fluido:

KAT (17a., 3m. - 3° ano do 2° Grau)

. "... luz é um fluido luminoso que nos ajuda a ver as cores das coisas, sem luz não haveria a cor."

v - coisa não palpável:

LUC (16a., 5m. - 2° ano do 2° Grau)

. "luz é uma claridade que você não pode tocar e sim sentir."

GIAN (17a., 3m - 3° ano do 2° Grau)

. "luz não é uma coisa palpável."

III.2 - FUNÇÃO

i - necessária à visão:

EUL (18a., 7m. - 3° ano do 2° Grau)

. "luz é algo que penetra em nossos olhos e nos ajuda a visualizar o que está em nosso redor."

ROS (17a., 8m. - 1° Magistério)

. "luz é uma energia que nos permite ver."

ii - necessária à vida:

LUI (17a., 7m - 1° ano do 2° Grau)

. "luz é uma fonte de energia que transmite a claridade; para qualquer indivíduo é necessário a luz."

HIL (19a., 10m - 3° ano do 2° Grau)

. "luz é uma forma de energia fundamental à vida, sem ela seria impossível a vida."

MAR (19a., 1m - 1° ano do 2° Grau)

. "luz é toda fonte de ebergia indispensável ao homem."

OUTRAS

i - substâncias quase totalmente química:

CLA (17a, 9m. - 1° Magistério)

. "luz é um elemento indispensável para o ser humano; a luz é uma substância quase totalmente química que nos orienta e guia para tudo o que fazemos."

ii - espécie de eletricidade:

ANA (17a., - 2° ano do 2° Grau)

. "luz é uma claridade, é uma forma de eletricidade."

MAR (19a., 8m. - 2° ano do 2° Grau)

. "luz é um corpo que tem propriedades elétricas quando possui cargas em excesso.

IV - PROPRIEDADES

IV.1 - DINÂMICAS

i - penetra nos olhos:

EUL (17a., 9m. - 1° Magistério)

. "luz é algo que penetra em nossos olhos e nos ajuda a visualizar o que está em nosso redor."

SER (1° ano do 2° Grau)

. "os raios de luz focalizam a caneta e imediatamente são expelidos para qualquer direção nossa vista captando os raios lançados até tocar a caneta com a configuração dela."

EDU (17a., 4m. - 1° ano do 2° Grau)

. "a luz chegará até os olhos do observador e assim ele conseguirá ver a caneta."

ii - combina as cores:

SIL (1° Magistério)

. "luz é combinação de cores refletidas, um só tom emitida por eletricidade gerando calor."

iii - reflete:

PAT (18a., 4m. 2° ano do 2° Grau)

. "a luz se reflete em um espelho."

JUL (15a., 10m. - 1° ano do 2° Grau)

. "a luz é refletida para os nossos olhos."

PHI (14a., 10m. - 1° ano do 2° Grau)

. "a luz ao bater no vidro, uma parte passa e a outra bate e volta."

iv - ultrapassam objetos:

PAT (18a., 4m. - 2° ano do 2° Grau)

. "a luz é algo que pode ultrapassar qualquer objeto incolor, e se reflete em um espelho."

PHI (14a., 10m. - 1° ano do 2° Grau)

. "a luz consegue passar através do vidro porque ele não é opaco."

IV.2 - INTRÍNSECAS

i - brilha

EDU (17a., 4m. - 1° ano do 2° Grau)

. "a luz é algo que brilha no escuro para que possam ver melhor."

ii - clareia - ilumina:

SER (19a. - 2° ano do 2° Grau)

. "a luz é algo capaz de iluminar algo que está no escuro."

LUA (17a., 2m. -2° ano do 2° Grau)

. "a luz são raios que clareiam, que iluminam."

ERI (16a., 4m. - 2° ano do 2° Grau)

. "a luz e algo que ilumina."

iii - aquece:

ANT (18a., 11m. 3° ano do 2° Grau)

. "a luz e a principal fonte de calor do universo e é derivada do calor."

ADR (18a., 1m - 3° ano do 2° Grau)

. "luz para mim é um claridade, uma energia que além de transmitir a própria luz, também transmite calor."

IVA (16a., 1m. - 3° ano do 2° Grau)

. "luz é tudo aquilo que ilumina e produz calor."

IV.3 - PROPAGAÇÃO

i - velocidade:

RUB (15a., 9m - 1° ano do 2° Grau)

. "...demora um pouquinho, porque a luz tem a velocidade muito grande."

JUL (15a., 10m - 1° ano do 2° Grau)

. "a luz gasta um tempo mínimo porque tem velocidade muito grande."

ii - trajetória: forma

MAR (16a. 5m - 1° ano do 2° Grau)

. "a luz emitida não faz curva."

PHI (14a., 10m - 1° ano do 2° Grau)

. "eu acho que a luz pode fazer curva sim."

iii - extensão:

JUL (15a., 10m - 1° ano do 2° Grau)

. "a luz dos faróis do carro clareia até um certo limite, até a sua fonte e depois acaba."

Capítulo VI

Considerações Finais

Tendo em vista os aspectos que permitiram organizar as principais idéias dos estudantes envolvidos na nossa pesquisa, achamos importante tecer os seguintes comentários;

Sobre o processo da visão:

A teoria científica sobre a visão diz, contrariamente à linguagem usual, que os olhos não vêm os objetos diretamente. Em vez disso, os olhos detectam a luz que vem dos objetos.

As respostas dos estudantes quando questionados sobre como conseguiam ver um objeto são consistentes com a interpretação de que a função da luz é clarear o objeto, mas que ela não está diretamente envolvida com o ato da visão.

Nas questões onde os estudantes foram questionados sobre a função dos olhos no processo da visão, eles os descreviam como perscrutadores de objetos quando deveriam considerá-los como receptores de luz.

No caso do muro, nas perguntas n° 1 a 4 do questionário n° 2, é importante observar as respostas do tipo: "o muro atrapalha a minha visão" ou respostas do tipo: "o muro impede a luz de chegar aos meus olhos". São duas situações diferentes que conduzem a duas interpretações diferentes. No primeiro caso, os estudantes estão pensando de forma alternativa, pois ao olho é dado o poder de "ir buscar" o objeto. No segundo caso, no entanto, os estudantes estão pensando cientificamente.

Seria importante lembrar aos estudantes que, em ambas as situações, a explicação está no fato de que a luz não consegue passar através de objetos opacos. Vale a pena ressaltar, uma vez mais, que a linguagem corrente que nós professores utilizamos pode induzir o raciocínio do aluno. Assim, se dissessemos aos alunos que enxergamos objetos através de vidros transparentes, fatalmente estaremos passando para eles "alguma

coisa" que fará com que eles dêem ao olho uma função ativa de ir buscar a imagem: estaremos reforçando a teoria pitagórica dos raios visuais. No entanto, quando falamos que vemos através de um vidro transparente, temos em mente o processo científico da visão, ou seja, a luz proveniente do objeto, passa pelo vidro e atinge o nosso olho permitindo, assim, a visão do mesmo.

Assim, sobre o processo da visão, temos duas diferentes interpretações ou teorias, sendo que cada qual é razoável, internamente consistente e capaz de explicar o fenômeno observado:

1 - A teoria científica que afirma que a luz se desloca da fonte ao objeto, bate nele, se reflete e é detectada pelo olho do observador permitindo assim a visão do mesmo.

2 - Uma interpretação alternativa: a luz emanada pela fonte é uma condição para que ocorra o processo da visão mas que ela, a luz, não está diretamente relacionada ao processo ou seja: a luz ilumina o objeto e o olho busca a sua imagem. Nem o movimento da luz e nem a sua existência entre a fonte e o objeto e entre o objeto e o olho são admitidos.

No quadro n° 5 apresentaremos exemplos de concepções alternativas e concepções científicas acerca de como as pessoas vêem os objetos.

QUADRO N° 7 - Concepção alternativa e concepção científica sobre como as pessoas vêm os objetos

QUESTÕES	CONCEPÇÃO ALTERNATIVA	CONCEPÇÃO CIENTÍFICA
Natureza da luz	A luz é algo que envolve o objeto como uma névoa e tem caráter estático	Radiação eletromagnética de comprimento de onda compreendido entre 4000 Å e 7500Å.
Interação entre a luz e o objeto	A condição para que um objeto seja visto é que ele seja independente da condição do observador	A luz reflete ou emana dos objetos e atinge o olho do observador
Função do olho	Ao olho cabe "ir buscar" a imagem do objeto"	No processo da visão os olhos recebem luz do objeto

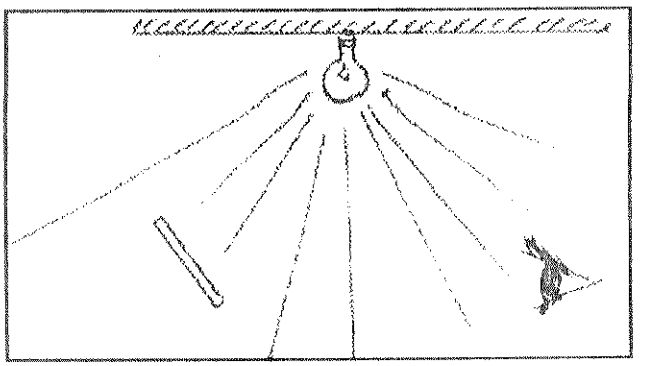
Modelos de visão extraídos da pesquisa realizada

Das respostas obtidas dos estudantes, identificamos alguns modelos de como eles conseguem ver os objetos:

i - Modelo do banho de luz

É o modelo caracterizado pelas respostas que dão conta de que no processo da visão, a função da luz é envolver o objeto e o observador numa espécie de "névoa de claridade" sem que haja a interrelação entre o objeto, a luz e o olho do observador;

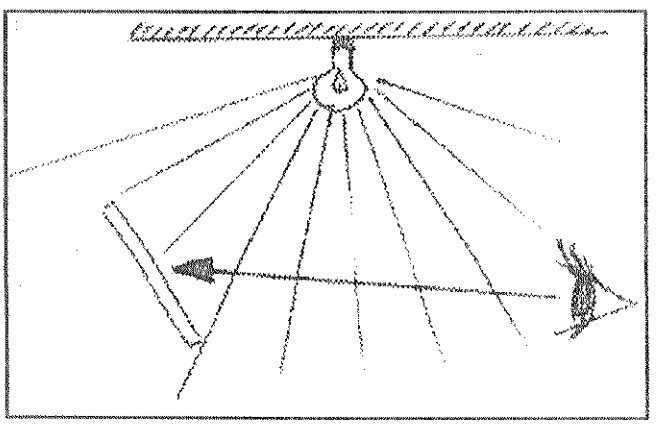
ERN (21a - 1ª série do 2° Grau)



ii - Modelo do olho:

No qual a luz continua envolvendo o objeto mas onde o olho tem uma função precípua que é a de ir buscar a imagem.

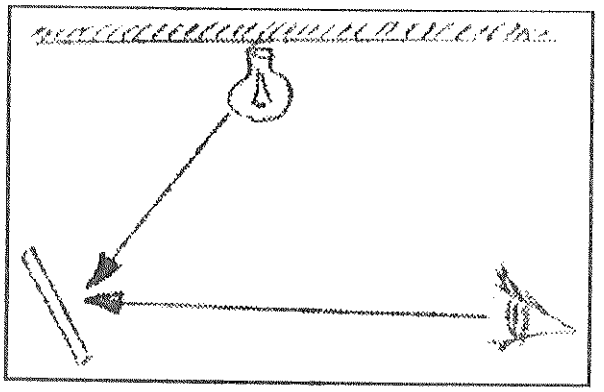
JOS (20a. - 1ª série do 2° Grau)



iii - Modelo luz-objeto e olho-objeto:

No qual a luz tem como única função iluminar o objeto e o olho vai de encontro a este mesmo objeto. Não existe interrelação entre a luz e o olho do observador.

SIL (17a., 8m. - 3ª série do 2° Grau)



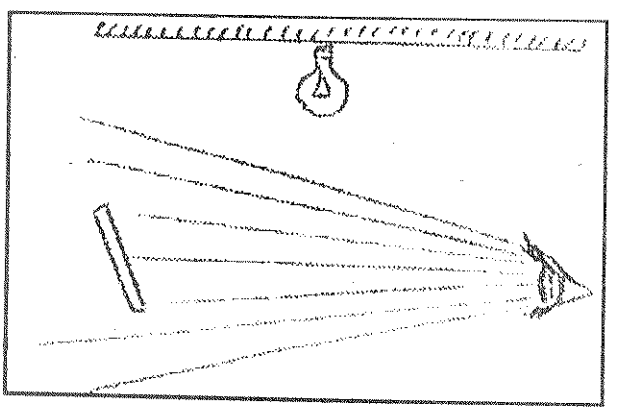
iv - Modelo da atividade do olhar:

No qual o olho se assemelha a um farol que ilumina o objeto e que, ao mesmo tempo enxerga o objeto. A luz não tem função alguma no processo da visão

JES (18a., 9m - 3ª série do 2° Grau)

SIM (15a. - 1ª série do 2° Grau)

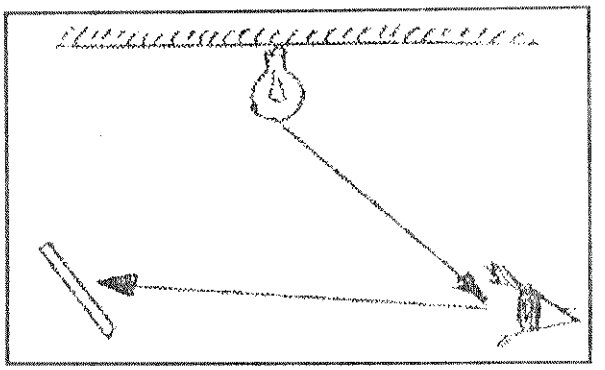
FLA (17a., 3m. - 3ª série do 2° Grau)



v - Modelo luz-olho e olho-objeto:

Modelo da luz como desencadeadora do processo da visão, no qual a luz bate no olho do observador e este apresenta uma propriedade de "ir buscar" a imagem do objeto.

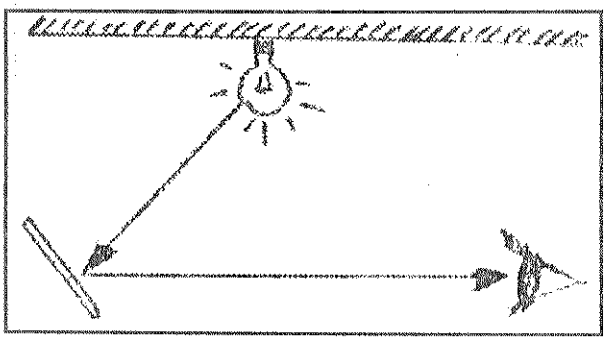
WEL (24a. 1m. -3ª série do 2° Grau)



vi - Modelo Científico:

No qual a luz, o olho e o objeto estão interrelacionados sendo que a luz bate no objeto, reflete e atinge o olho do observador, desencadeando o processo da visão.

LEV (19a, 2m. - 3ª série do 2° Grau)



Sobre a fonte de luz:

O fato do estudante reconhecer o olho humano como uma fonte de luz é reforçado pela cultura na qual ele está imerso: na poesia, por exemplo, é comum encontrar-se trechos que dizem: "a luz que emana dos olhos seus"; nas revistas de estórias em quadrinhos encontram-se heróis como o Super-homem e o Mandrake que emitem luz pelos

olhos. Homero já dizia que "se os pirilampos emitem luz, porque não hão de os olhos fazer o mesmo?" É importante salientar como o fez OSBORNE (1981) que "a linguagem diária de nossa sociedade faz com que as crianças tenham uma concepção bastante diferente da dos cientistas. Muitas dessas concepções podem não mudar quando a criança cresce ou elas podem sempre voltar com o tempo, diferentes da ciência dos cientistas. Em ambos os casos, é extremamente difícil efetuar uma mudança para a visão dos cientistas com o passar do tempo."

O fato dos estudantes confundirem a luz com o fogo, encontra ressonância na história da ciência pois até o século XVIII, a luz era admitida como uma forma perfeita de chama. Os antigos egípcios, místicos por natureza, consideravam a luz como a deusa MAÃT filha de Rá, a deusa do sol. Para Suger, abade de Saint Denis, ministro de Luiz VI, da França, "a luz é o laço perfeito entre o homem e Deus." Já para Schelle, "a luz é o fogo mais puro."

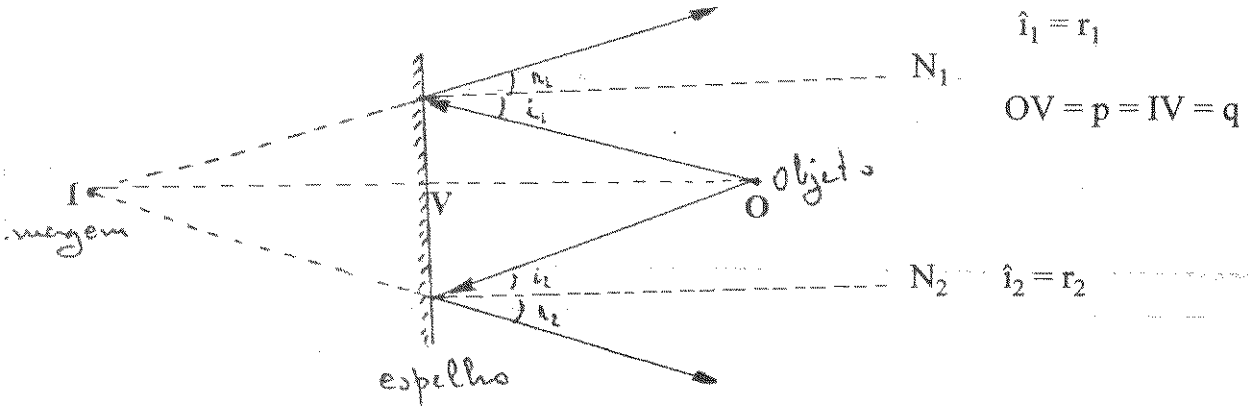
É importante salientar a importância que os estudantes dão à luz para a vida na Terra. Isto se justifica, inclusive, pela importância dada à luz na própria Bíblia quando da narrativa da criação do universo, Deus deu primazia à criação da luz em relação à criação do homem: a luz foi criada para separar a claridade da escuridão.

"No princípio Deus criou o céu e a terra. A terra, porém, estava informe e vazia, e as trevas cobriam a face do abismo, e o espírito de Deus movia-se sobre as águas. E Deus disse: Exista luz. E a luz existiu. E Deus viu que a luz era boa; e separou a luz das trevas. E chamou à luz dia, e às trevas noite. E fez-se tarde e manhã; primeiro dia." Por tudo isto, não devemos ficar surpresos quando nossos alunos derem à luz a única e exclusiva função de iluminar os objetos pois que na história da humanidade várias vezes isto já foi feito.

Sobre o traçado geométrico de raios luminosos;

Numa primeira avaliação, parece que a Óptica geométrica, introduzida no 2° Grau para facilitar a aprendizagem dos estudantes, na realidade acaba complicando a percepção deles acerca de certos fenômenos da Óptica, pois as concepções alternativas que estes mesmos estudantes trazem consigo, acabam indo de encontro com a formulação utilizada na Óptica geométrica. Como pode, por exemplo, um aluno entender um traçado de raios luminosos como o mostrado na figura abaixo, para explicar a formação da imagem deste objeto num espelho plano se ele sequer admite que a luz emana dos objetos?

Figura N° 3 - Formação da imagem de um objeto por um espelho plano.



Sem querer menosprezar a importância do traçado geométrico de raios luminosos, parece mais plausível introduzir-se este recurso para a explicação de certos fenômenos da Óptica, após a verificação, pelo professor, de que os estudantes, livres de suas concepções alternativas, possam assimilá-los. Um fato interessante conseguido da análise do presente trabalho é a de que os estudantes do 2° Grau envolvidos na nossa pesquisa, assim como os antigos cientistas parecem estar mais interessados na chamada Óptica física do que na Óptica geométrica uma vez que o interesse inicial deles é com a constituição da luz.

O raio luminoso utilizado pela maioria dos estudantes envolvidos na nossa pes-

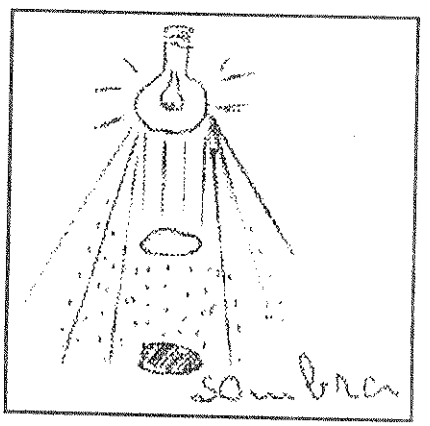
quisa é considerado como um conceito abstrato sem estar relacionado ao movimento da luz a partir da fonte luminosa. Neste sentido podemos dizer que os estudantes não assimilaram o comportamento dinâmico da luz e embora utilizando o traçado de raios luminosos e usando palavras como "entrar" e "chegar", o máximo que eles conseguem é associar o movimento da luz ao movimento da fonte luminosa e estes raios luminosos e estas palavras são utilizadas no sentido estático-geométrico.

Sobre a formação da sombra:

A maioria dos estudantes envolvidos no nosso trabalho consegue identificar a sombra de um objeto com uma região onde parte da luz não consegue atingir. No entanto para eles, a sombra depende da intensidade da fonte luminosa e não da posição do objeto em relação ao anteparo. Eles admitem que se aumentarmos a intensidade da fonte luminosa, a sombra aumentará. Para alguns poucos estudantes ao aumentarmos a intensidade da fonte luminosa a sombra irá diminuir e para explicar tal fato, estes estudantes admitem inclusive, que a luz se curva, indo iluminar certas regiões que não iluminava antes.

Figura n° 4 . Representação da sombra de um objeto opaco.

FLA (17a., 3m. - 3ª série do 2° grau)



A sombra, assim, como a luz, por fazer parte do cotidiano dos estudantes, não chama tanto a atenção para a sua fenomenologia.

Devemos ressaltar, no entanto, que é na tentativa de explicar a formação de sombra que os estudantes mais utilizam o traçado de raios luminosos só que o fazem desprovidos do caráter dinâmico que deveria envolvê-los.

Como conclusões finais gostaríamos de ressaltar que:

a) - Verificamos que os estudantes do curso de Magistério, curso considerado mais fraco, onde só se estuda a Física no 1° ano, mostraram uma maior coerência ao analisar os fenômenos ópticos envolvidos nas entrevistas e nos questionários. Observamos, por exemplo, que estes estudantes raramente utilizavam o traçado de raios luminosos nas explicações dadas sobre a formação de imagens e sobre a formação de sombras. Tal fato pode ter sua explicação na constatação de que estes estudantes ainda não tiveram qualquer tipo de Escolarização acerca da Óptica e pelo fato de que eles não utilizam livro didático nas aulas de Física;

b) - constata-se também que, apesar da idade dos estudantes do 3° ano do 2° Grau da Escola A ser bem maior (média de 21 anos) do que a dos estudantes do 2° ano do 2° Grau da Escola B (média de 16 anos) as suas respostas apresentavam a mesma conotação alternativa daqueles outros estudantes, o que vem mostrar que apesar do desenvolvimento físico e da maior vivência dos estudantes de idade mais elevada as concepções alternativas ainda permanecem latentes neles;

c) - percebe-se também que, embora os estudantes da Escola B tendo um ensino considerado de melhor qualidade pelas próprias condições da Escola, as respostas deles são semelhantes às daqueles da Escola A, mostrando que a influência da Escola no que diz respeito à eliminação das concepções alternativas é quase que nula.

d) - a forma com que os livros didáticos tratam os conceitos da Óptica, (exaustivamente formal), sem explorar as possíveis contradições entre os conceitos apresentados nos livros (formais) e aqueles apresentados pelos alunos (alternativas) sem se preocupar com a devida experimentação prática parece contribuir para que o aluno continue com o seu raciocínio alternativo.

Enfim, porque o aluno deve mudar o seu modo de pensar se, no universo que o rodeia, estes conceitos resolvem os problemas que ele vivencia?

Após estas considerações chegamos a uma pergunta frente à constatação da existência dos conceitos alternativos: o que fazer com eles? Segundo FILOCRE (1986 - p.3), "a preocupação em encontrar regularidades nas diferentes manifestações dos estudantes evolui, naturalmente, para indagações sobre como se forma este conhecimento dos alunos e como ele se desenvolve, e estas são questões que se referem à epistemologia do conhecimento. A preocupação com as condições sob as quais este conhecimento pode mudar e, em conseqüência, a busca de métodos e técnicas para se assegurar esta mudança, caracteriza uma preocupação eminentemente pedagógica."

Das pesquisas de Piaget depreende-se que "o trabalho dos cientistas e dos estudantes jovens não se distinguem quanto à natureza mas, tão somente, quanto ao nível de diferenciação entre o causal e o operatório e quanto à qualidade das operações aplicadas e atribuídas ao real." (FILOCRE, 1986, p.11).

Desta forma, se não desprezamos o trabalho dos cientistas porquê iríamos desprezar o trabalho dos estudantes?

Sabemos que o desconhecimento por parte do professor de Física sobre os conhecimentos que os estudantes adquirem antes da instrução formal, constitui um dos

maiores problemas para o ensino das ciências. Além disso, muitos cursos de Física não incluem um único e simples experimento onde os estudantes possam identificar e definir um problema, propor procedimentos, coletar dados e interpretar resultados ou tomar qualquer tipo de decisão. Os professores resolvem problemas numa direção linear sem considerar estratégias alternativas e igualmente destituído da análise dos resultados. Tudo isto dificulta o aprendizado da Física, uma vez que estes procedimentos tolhem a criatividade dos estudantes tirando-lhes qualquer chance de participação nas aulas o que, em última análise, impossibilita o "aparecimento" dos conceitos alternativos.

As estruturas alternativas estão associadas a uma metodologia caracterizada por certezas, pela ausência de dúvidas ou considerações de possíveis soluções alternativas, pela rapidez e segurança das respostas baseadas em evidências do senso-comum e pela necessidade de consistência na análise de diferentes situações. Esta é a chamada "metodologia da superficialidade" (GIL-PERES e CARRASCOSA, 1990, p.535) e consiste, em última análise, de evidências de senso-comum baseada somente nas aparências qualitativas e, o que é mais importante, ela é socialmente reforçada. Assim sendo, a semelhança entre as idéias alternativas e as concepções pré-clássicas não pode ser acidental mas parece derivar do mesmo caminho de acesso ao problema ou seja, deve ser [illegible]ência da utilização da "metodologia da superficialidade". Por isso, se nos afi[illegible]ível propor que uma mudança conceitual deve vir acompanhada de uma mud[illegible]odológica uma vez que parece que os aspectos metodológicos e conceituais são inseparáveis.

" Para produzir uma mudança conceitual e metodológica é necessário reorientar o processo de ensino como a construção de conhecimento científico." (GIL-PEREZ e CARRASCOSA, 1990, p.537). Por isso, recuperar os aspectos históricos, aquelas intera-

ções entre ciência e sociedade, quebrando com uma longa tradição engajada em transformação de ensino de ciência em uma transmissão dogmática de conhecimentos é um dos objetivos que se deve buscar para proporcionar um ensino onde o estudante possa, ele mesmo, construir o seu conhecimento. Para fazer retornar a vitalidade e interesse pelo desenvolvimento científico é necessário promover-se discussões acerca da função social da ciência e a desmistificação de sua neutralidade.

Portanto, se se deseja partir do conceito alternativo para chegar ao formal, o currículo não deve ser um corpo de conhecimentos ou habilidades, mas um programa de atividades das quais vários conhecimentos possam ser adquiridos ou construídos. Assim sendo, o modelo construtivista de ensino de ciências deve ser entendido como uma tentativa de se obter, não só, mudança conceitual, mas também, mudança metodológica e de atitude tanto para os estudantes quanto para os professores. Em outras palavras: " o ensino de ciências deveria ser orientado, coerentemente com o processo histórico, como uma mudança conceitual e metodológica numa perspectiva construtivista." (GIL-PEREZ e CARRASCOSA, 1990, p.538).

O presente trabalho abriu perspectivas para que, conhecedores dos problemas que interferem na aprendizagem da Física, os professores possam operacionalizar novas propostas de ensino para, pelo menos, minimizar a situação deplorável pela qual passa a educação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSSON, B. KARRQVIST, C. 1980. Light and its properties . Ekna Project. Gisteborg University Swedem.

ANDERSSON, B. KARRQVIST, C. 1983. How Swedish pupils, aged 12-15 years, understand light and its properties. European Journal Science Education, Vol.5, n° 4, p.387-402.

BARROS, Susana L. S. GOULART, S. M. E DIAS, E. C. N., 1985, Spontaneous concepts about light phenomena inchildren: qualitative analysis. Trabalho apresentado na Conferência ICPE em Duisbourg, Alemanha.

CLOUGH, E. E. DRIVER, R. 1987. How do children's scientific ideas change over time? The School Science Review. P.255-267.

DELACOSTE, G. TIBERGHIEN, A. GHIGLIONE, R. et MATALON, B. 1977. Conception de lá lumière chez l'enfant 10-12 ans. Boletim L.I.R.E.S.P.T. (Laboratoire Inter-universitaire du Recherche sur L'Enseignement des Sciences Physiques et de lá Techinologie), Universitè Paris VII.

DRIVER, R. 1986, Psicologia cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos. Ensenanza de las Ciencias, Vol 4. n° 1, p.3-15.

FILOCRE, J. 1986. A teoria de Piaget como sistema de referência para compreensão da "Física Alternativa". Dissertação de Mestrado. USP.

GIL-PEREZ e CARRASCOSA. 1990. What to do about science "misconceptions". Science Education. 74(5):531-540.

GILBERT, J. K. WATTS, D. M. 1983, Concepts, misconceptions and alternative conceptions: changing perspectives in science education. Studies in Science Education, Vol. 10, p.61-98

GOLDBERG, F. and McDERMOTT, L. 1986, Common sense knowledge versus formal physiscs knowledge in geometrical optics Student difficulties in understanding image formation by a plane mirror. The Physics Teacher - Nov. 86, p.472-480.

GUESNE, E. TIBERGHIEN, A et DELACOTE, G. 1978. Méthodes et résultats concernant l'analyse des conceptions des élèves dans différents domaines de lá physique: deus exemples: les notions de chaleur et de lumière. Boletim L.I.R.E.S.P.T. (Laboratoire Interunversitaire du Recherche sur L'Enseignement des Sciences. Revue Française de Pedagogie, n° 45, p.25-32.

KUBLI, F. 1979. Piaget's cognitive psychology and its consequenses for the teaching of science. European Jornaul of Science Education, Vol.1, n° 1, p.5-20.

KUHN, J. 1978. A estrutura das revoluções científicas. Debates Ciência, Editora Perspectiva, 2ª edição

MESTRE, J. and TOUGER, J. 1989, Cognitive research - What's in it for Physics Teachers? The Physics Teacher, Set. 89, p.447-456

MONIZ DOS SANTOS, M. Eduarda Vaz, 1991, Mudança Conceptual na Sala de Aula. Um desafio pedagógico. Livros Horizonte, Lisboa.

OSBORN, R. And BELL, B. F, 1983. Science teaching and children's views of the world. European Journal of Science Education. Vol5, n° 5, n° 1, p.1-14.

PACCA, J.L. A. VILLANI, A. HOSOUME, Y. 1983, Conceitos alternativos e conteúdos formais de física: considerações, Publicações IFUSP (Instituto de Física da Universidade de São Paulo), mai/83.

PACCA, J.L. A. 1987. Entendimento de conceitos e capacidade de pensamento formal. Publicações IFUSP (Instituto de Física da Universidade de São Paulo), jun/87.

PACCA, J.L. A. VILLANI, A. 1987, Medologia de análise nas pesquisas sobre conceitos alternativos. Publicações IFUSP (Instituto de Física da Universidade de São Paulo), jun/87.

PIAGET, J. 1973. Lá representatión del mundo en el niño. Madri: Ediciones Morata S.A.

ROCK, I. 1985, Lá perception. Prensa Científica, Editorial Labor, Barcelona, 1ª Edição.

RONCHI, V. 1957. Optics - The science of vision. New York University Press, Washington Square, N.Y.

RONCHI, V. 1957. Storia della Luce. N. Zamichelli. Bologna, 2ª edição.

ROSA, C. Lá, MAYER, M. PATRIZI, P. and VICENTINI, M. 1984. Commnonsense knowledge in optics: preliminary results of an investigation into the properties of ligt. European Jounaul of Science Education, Vol.6, n° 5, p.387-397.

SEBASTIÁ, J. M. 1984. Fuerza y movimento: Lá interpretação de los estudantes. Enseñanza de las ciências. Vol.2, n° 3, p.161-169.

STRIKE, K. A. , POSNER, G. J. 1982. Conceptual change and science teaching.European Journal of Science Education. Vol.4. n° 3, p.231-240.

TEIXEIRA, S. K. 1982. Estudos das noções espontâneas acerca de fenômenos relativos à luz em alunos de 11-18 anos. Dissertação de Mestrado. USP.

TIBERGHIEM, A. DELACOTE, G. GHIGLIDE, R. E METALON, B. 1980. Conception de lá lumière chez l'enfant de 10-12 ans. Revue Française de Pedagogie, n° 50.

VIENNOT, L. 1979. Spontaneous reasoning in elementary dynamica. European Journal of Science Education. Vol.1. n° 2, p.205-221.

VILLANI, A. PACCA, J. L. A. KISHANAMI, R. I. e HISOUME, Y. 1982. Analisando o ensino de Física: contribuições de pesquisas com enfoques diferentes. Publicações IFUSP (Instituto de Física da Universidade de São Paulo), dez/82.

VILLANI, A. e PACCA, J. L. A. HISOUME, Y. 1985. Concepções espontâneas sobre movimento. Revista de Ensino de Física, Vol.7, n° 1. IFUSP.

VILLANI, A. e PACCA, J. L. A. 1987. Raciocínios espontâneos de estudantes de pós-graduação. Publicações IFUSP, mai/87.

VILLANI, A. E PACCA, J. L. A. 1987. Student's spontaneous ideas about the speed of light. International Journal of Science Education, Vol.9 n° 1, p.55-66.

WATTS, D. M, 1985. Student conceptions of light: a case study. Physics Education. Vol. 20, p.183-187.

WATTS, M. and POPE, M. 1989. Thinking about thinking, learning about learning: constructivism in physics education. Physics Education (24).

ANEXO 1

Protocolo de entrevistas

PROTOCOLO DE ENTREVISTAS

I - INTRODUÇÃO

Objetivos:

- Verificar se o aluno conhece o significado de luz;

- Verificar se o aluno identifica propriedades da luz como a reflexão e a propagação retilínea;

- Verificar se o aluno identifica o movimento da luz;

- Verificar se o aluno conhece o processo de formação de sombras.

Procedimentos:

Perguntar:

- O que é a luz?

- Onde há luz?

- Você acha que a luz demora um certo tempo para iluminar a sala?

Mostrar um objeto, uma fonte de luz e a sombra do objeto e perguntar:

- Você sabe como se forma a sombra?

- O que é sombra? Faça um desenho mostrando a formação de uma sombra. Se trocarmos a lâmpada por outra mais forte o que acontecerá com a sombra? Explique.

- Você acha que existe alguma diferença entre a luz da lâmpada e a luz do dia? Explique.

II - IMAGEM NUM ESPELHO PLANO

Objetivos:

- Verificar se o aluno sabe o que é uma imagem;

- Verificar se o aluno sabe onde a imagem é formada;

- Verificar se o aluno sabe que a imagem formada por um espelho plano depende somente da posição do objeto e não da posição do observador;

- Verificar se o aluno sabe que o tamanho da imagem é igual ao tamanho do objeto

Procedimentos:

Colocar o aluno na frente de um espelho plano na vertical (15x30) e perguntar:

- Você vê alguma coisa no espelho?

- Como você chama aquilo que você vê no espelho?

- Coloque o seu dedo onde aquilo que você vê no espelho está (se, na pergunta anterior, o aluno respondeu tratar-se de uma imagem, o entrevistador poderá, a partir daí, utilizar este termo).

- Se você quiser ver-se por inteiro no espelho o que você deve fazer?

- Colocar um lápis fixo na frente do espelho e duas cadeiras onde se sentarão o aluno e o entrevistador. Pergunta:

- Você vê quantos lápis?

- Se você trocar de lugar comigo, o que acontecerá com a imagem do lápis que você vê no espelho?

III - REFLEXÃO ESPECULAR E REFLEXÃO DIFUSA

Objetivo:

- Verificar se o aluno identifica a reflexão especular e a reflexão difusa.

Procedimentos:

Mostrar ao aluno um espelho plano e vários objetos, entre eles, uma folha de papel branca num local iluminado (dentro de uma sala). Perguntar:

- Você está vendo o espelho e os vários objetos?

- O que acontece com a luz quando ela ilumina o espelho?

- O que acontece com a luz quando ela ilumina os objetos?

- Faça um desenho mostrando como você consegue ver o espelho e os objetos.

Apagar a luz da sala e utilizando uma lanterna de bolso fazer o foco de luz incidir primeiro no espelho e depois na folha branca e perguntar:

- Quando a luz da lanterna ilumina o espelho o que você observa?

- Quando a luz da lanterna ilumina a folha de papel branca o que você observa?

ANEXO 2

"ENTREVISTAS DA 1ª FASE" (FASE PILOTO)

ENTREVISTAS 1, 2 E 3

OBSERVAÇÃO: As respostas dos estudantes serão apresentadas em letras maiúsculas

ENTREVISTA 1

ALUNA: EUS - 16 anos e 10 meses - 3° ano do 2° Grau Integrado

Perguntas:

Mostrar um espelho plano na vertical (15x30)

Que tipo de espelho é este?

É UM ESPELHO CÔNCAVO.

Você está vendo a sua imagem no espelho?

SIM.

Você poderia colocar o seu dedo no local onde a imagem está sendo formada? Ela colocou o seu dedo na superfície do espelho. Perguntei: aí é a superfície do espelho?

É.

Mostrar uma caneta colocada em frente ao espelho. Você está vendo a imagem da caneta?

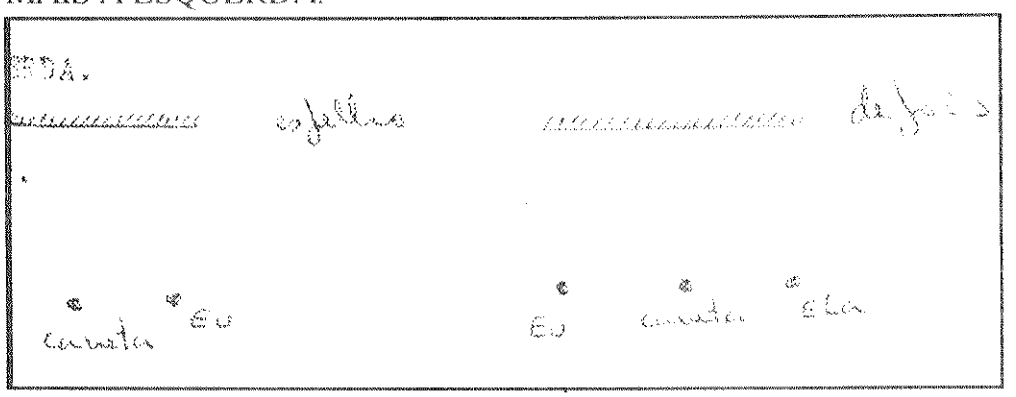
ESTOU.

Se nós trocarmos de lugar, o que acontecerá com a imagem da caneta? Ela permanecerá na mesma posição ou será formada em posição diferente?

EM OUTRA POSIÇÃO DIFERENTE.

Você saberia dizer se a imagem agora está formada mais à direita ou mais à esquerda da caneta?

MAIS À ESQUERDA.



Você está vendo a sua imagem por inteiro no espelho?

NÃO.

Se você quiser ver a sua imagem por completo no espelho o que é que você deve fazer?

CHEGAR MAIS PARA A DIREITA.

Então você acha se chegar um pouco mais para a direita você passa a ver a sua imagem por inteiro?

É.

Quando eu disse ver a sua imagem por inteiro eu quis dizer ver a sua imagem por completo, da cabeça aos pés.

NÃO, AÍ EU TENHO QUE CHEGAR MAIS PARA TRÁS.

Então você acha que chegando mais para trás você vê a sua imagem inteira?

É.

Estamos em uma sala bem iluminada. Você acha que nesta sala há luz?

HÁ.

Você seria capa de dizer onde é que há luz aqui dentro?

EM TODOS OS LUGARES DA SALA.

Foi mostrado à aluna o pátio do lado de fora do colégio, sem iluminação direta. Você acha que lá fora, no pátio, há luz?

TAMBÉM.

Onde há luz lá fora?

NO PÁTIO? ACHO QUE HÁ LUZ EM TODO O PÁTIO TAMBÉM.

Foi mostrado à aluna uma pasta azul sobre a mesa dentro da sala. Você está vendo aquela pasta?

SIM.

Você seria capaz de fazer um desenho ou um diagrama mostrando como você consegue ver aquela pasta?

FAZER UM DESENHO DA PASTA COMO EU VEJO?

É ... não. É ... um desenho que procurasse explicar como você consegue ver a pasta. Eu não quero que você faça o desenho da pasta.

NÃO.

Para você o que é a luz?

...É UM MEIO QUE NOS PERMITE OBSERVAR CERTOS OBJETOS.

Para você então, se não há luz você não consegue ver?

NÃO, PODEMOS MAS EU ACHO QUE TODA PARTE DA TERRA ESTÁ ILUMINADA POR UMA CERTA QUANTIDADE DE LUZ.

Suponha que você está dentro de um quarto totalmente fechado e a lâmpada estivesse apagada. Você seria capaz de ver alguma coisa dentro deste quarto?

NÃO. SE ESTIVESSE TOTALMENTE ESCURO NÃO.

ENTREVISTA Nº 2

ALUNA : GIAN - 17 anos e 3 meses - 3º Ano do 2º Grau Integrado

Mostrar um espelho plano vertical (15x30).

O que é isto que está à sua frente?

É UM ESPELHO.

Que tipo de espelho é este?

PLANO. ESPELHO PLANO.

Você está vendo a sua imagem no espelho?

DE ONDE EU ESTOU NÃO DÁ PRÁ VER NÃO.

(Ela não estava na frente do espelho). Foi solicitado a ela que se colocasse na frente do espelho. Pronto. Você está vendo a sua imagem?

ESTOU.

Coloque o dedo no local onde você acha que a imagem está sendo formada.

LÁ, LÁ ATRÁS DO ESPELHO.

Em que posição mais ou menos? Você saberia me dizer? A que distância mais ou menos?

À MESMA DISTÂNCIA DAQUI AO ESPELHO SÓ QUE LÁ ATRÁS.

Foi colocada uma caneta fixa na frente do espelho.

Você está vendo a imagem desta caneta?

ESTOU.

Suponha que nós troquemos de lugar (mesma situação da entrevista anterior). O que você acha que vai acontecer com a imagem da caneta?

TROCAR DE LUGAR?

Sim, você vai trocar de lugar comigo.

A CANETA VAI CONTINUAR NO MESMO LUGAR?

Sim, na mesma posição. A caneta não vai mudar de posição.

BOM...A IMAGEM VAI FICAR A MESMA.

Ela (a imagem) vai ficar na mesma posição ou vai mudar de posição?

NA MESMA POSIÇÃO.

Você está conseguindo ver a sua imagem inteira no espelho?

Quando eu digo inteira eu quero dizer do pé até a ponta ca cabeça.

NÃO.

Se você quiser ver a sua imagem por inteiro, o que é que você deve fazer?

O QUE EU DEVO FAZER? ... PRIMEIRO EU ACHO QUE TINHA QUE TER UM ESPELHO MAIOR QUE ESTE.

Bom, mas na impossibilidade de ter um espelho maior que este o que é que você acha que deveria ser feito?

FICAR NO FUNDO DA SALA. CHEGAR MAIS PARA TRÁS.

Então você acha que chegando mais para trás você vai ver a sua imagem por inteiro?

SÓ QUE TERIA QUE SER MUITO MAIOR QUE ISTO AQUI (A SALA).

Muito maior?

NÃO, MUITO NÃO, MAIS OU MENOS.

Então se chegasse bem para trás você veria a sua imagem por inteiro?

HUM, HUM.

Estávamos numa sala bem iluminada. Você acha que dentro desta sala existe luz?

EXISTE.

Onde existe luz dentro desta sala?

ONDE EXISTE LUZ? ... EU ACHO QUE EM TUDO.

Quando você diz em tudo, você quer dizer em todo o espaço da sala?

ISSO.

Mostrar o pátio do lado de fora sem iluminação direta.

Lá fora, no pátio, você acha que existe luz?

LÁ FORA NO PÁTIO?

É., lá fora no pátio do jeito que você está vendo daqui..

EXISTE.

Em que local?

BOM, DAQUI DO JEITO QUE EU ESTOU VENDO, LÁ NA JANELA LÁ, DAQUI. DAQUI A LUZ PASSA UM POUQUINHO PARA LÁ.

A luz daqui está passando para lá.

SIM.

Você acha que consegue ver sem a luz?

NÃO.

Você vê a luz?

NÃO. NÃO É UMA COISA PALPÁVEL.

Como é que você sabe que dentro desta sala há luz?

... QUANDO EU DISSE QUE NÃO É UMA COISA PALPÁVEL EU QUIS DIZER QUE NÃO É UMA COISA SÓLIDA QUE VOCÊ PODE PEGAR. MAS EU ACHO QUE... SE ELA ESTÁ BATENDO NO MEU ROSTO DÁ PRÁ MIM SABER.

Então você acha que a luz está batendo no seu olho?

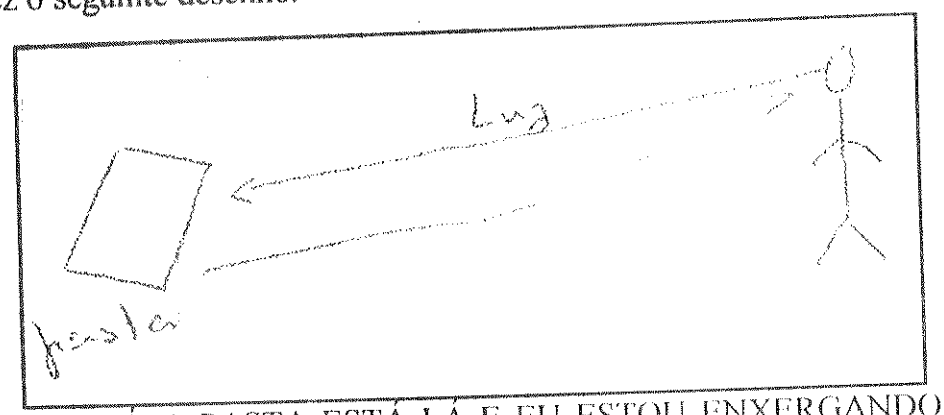
É ISSO.

Mostrar uma pasta azul sobre a mesa na sala iluminada.

Você seria capaz de fazer um desenho mostrando como você consegue ver aquela pasta?

AQUELA PASTA? UM DESENHO?

Fez o seguinte desenho.



É ISTO AÍ. A PASTA ESTÁ LÁ E EU ESTOU ENXERGANDO A PASTA PORQUE A LUZ ESTÁ BATENDO NA PASTA E ESTÁ CHEGANDO NO MEU OLHO.

Foi mostrado à aluna uma caneta projetando sombra sobre uma folha de papel branco.

Você está vendo a sombra da caneta aqui no papel?

ESTOU.

Se eu aumentar a quantidade de luminosidade na sala, o que você acha que vai acontecer com a sombra da caneta?

... EU ACHO QUE ELA VAI FICAR MAIS FORTE.

Vai ficar mais forte. Quando você diz ficar mais forte, você quer dizer que ela vai ficar maior?

MAIS ESCURA.

Então você diz que vai haver maior contraste entre...

É, ENTRE A SOMBRA E A LUZ.

O tamanho da sombra. O que você acha que vai acontecer com o tamanho da sombra?

NÃO MUDA.

Então o tamanho da sombra continua o mesmo?

SIM, O MESMO.

ALUNA: FLAV. - 17 anos e 3 meses - 3° Ano do 2° Grau Integrado

Mostrar um espelho plano na vertical (15x30).

Como é que você chama isto que está na sua frente?

ESPELHO.

Você saberia me dizer que tipo de espelho é este?

...NÃO.

Você está vendo a sua imagem no espelho?

SIM, ESTOU.

Você saberia me dizer, ou colocando o dedo, onde é que esta imagem está sendo formada?

FORMADA?

É , onde é que esta imagem está?

AQUI (coloca o dedo na superfície do espelho).

Quando você disse aqui, você quer dizer na superfície do espelho?

É.

Você está vendo a imagem da caneta no espelho?

SIM.

Fixando a posição da caneta. Suponha que a gente troque de lugar. Onde é que você acha que a imagem da caneta está sendo formada? ...Você acha que ela vai mudar de posição ou vai ficar no mesmo lugar?

VOCÊ VAI FIXAR ELA?

É, a caneta está fixa, eu só vou mudar eu e você.

NÃO, CONTINUA NO MESMO LUGAR.

Quer dizer que a imagem da caneta vai ficar no mesmo lugar?

SIM.

Tudo bem. Você está conseguindo ver a sua imagem completa no espelho? Quando eu digo completa eu quero dizer da ponta do pé até a ponta da cabeça.

NÃO.

Você saberia dizer o que você deveria fazer para ver a sua imagem completa? O que você faria se quisesse ver a sua imagem completa?

EU ME AFASTARIA DO ESPELHO?

Você se afastaria do espelho?

SIM.

Então você se afastando do espelho você consegue ver mais de você?

É... .

Tudo bem.

Você acha que dentro desta sala há luz?

HÁ.

Em que local, em que lugar da sala?

AH... VINDA DA LÂMPADA.

Vindo da lâmpada?

É.

Mostrar o pátio (mesma situação da entrevista anterior).

Você acha que há luz no pátio?

NÃO.

Então você acha que lá no pátio não há luz?

HUM HUM.

Tudo bem.

À sua esquerda tem uma pasta azul em cima da mesa. Você está conseguindo ver aquela pasta?

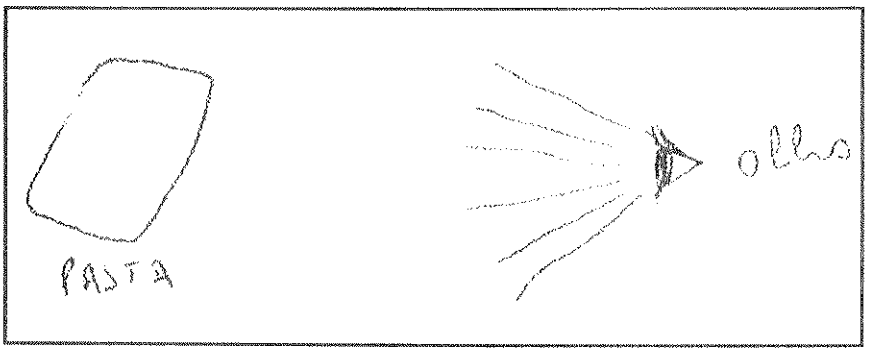
SIM.

Você seria capaz de fazer um desenho mostrando como você consegue ver a pasta?

... COMO EU CONSIGO VER?

É, eu quero que você faça um... diagrama mostrando a maneira através da qual você consegue ver aquela pasta.

Ela fez o seguinte desenho:



Este é então o desenho que você fez. Você poderia dizer o que este desenho está representando para mim?

BOM, MEU OLHO SAINDO...FOCOS DE LUZ QUE PODERIA CHEGAR À PASTA.

Tá, quer dizer que do seu olho sai foco de luz e assim você consegue ver a pasta?

É.

Anteriormente você disse que dentro da sala há luz. Correto?

SIM.

Porque você acha que dentro da sala há luz? ...Não respondeu

ANEXO 3

"ENTREVISTAS DA 2ª FASE"

ENTREVISTAS 4, 5, 6 e 7

ENTREVISTA Nº4

ALUNA: RUB - 15 anos e 9 meses - 1º Ano

Mostrar um espelho plano e perguntar.

Como é que se chama isto que você está vendo à sua frente?

IMAGEM.

Imagem, tá. Mas eu quero saber isto aqui (apontei para o espelho).

AH, TÁ, É UM ESPELHO.

Você sabe que tipo de espelho é este?

ESPELHO PLANO.

Voce está conseguindo ver alguma coisa neste espelho?

A MINHA IMAGEM.

Você seria capaz de colocar o dedo ou dizer onde é que esta imagem esta sendo formada? Onde é que você acha que esta imagem está?

ELA SE FORMA NO FOCO, NÃO É? AH, NÃO SEI...

Tudo bem... Você está vendo a imagem desta caneta?

ESTOU.

Se nós trocarmos de lugar, você acha que vai continuar vendo a imagem da caneta?

NÃO.

Porque você acha que não?

POR CAUSA DA POSIÇÃO EM QUE EU ME ENCONTRO EM RELAÇÃO AO ESPELHO.

Então para você, a gente só consegue ver a própria imagem quando estivermos na frente do espelho?

NÃO, NÃO É BEM NA FRENTE DO ESPELHO, MAS DEPENDE... EU ACHO QUE O SENHOR NÃO CONSEGUE VER A CANETA, CONSEGUE? OU VÊ POR OUTRO ÂNGULO NÃO É? NÃO VAI VER IGUAL EUVEJO.

Tá. Prá você depende então, da posição onde você se encontra?

É.

Dependendo da posição você pode ver ou não a imagem?

É.

Você está conseguindo ver a sua imagem por inteiro?

NÃO.

O que você acha que deve ser feito para que você consiga ver a sua imagem por inteiro?

O ESPELHO TEM QUE SER MAIOR, OU MAIS LONGE, NÃO É?

Na impossibilidade de o espelho ser maior, o que deve ser feito?

EU ACHO QUE DEPENDENDO SE EU ESTIVER MAIS LONGE, NÉ? TALVEZ DÊ?

Ah, quer dizer que se eu chegar o espelho mais para longe ou você se afastar mais para traz, você acha que dá, né?

ÀS VEZES... EU ACHO QUE ESTE AQUI NÃO, NÉ?

Porque você acha que este aqui não.

ESTE É MUITO PEQUENO.

Você está vendo aquela pasta à sua esquerda.

SIM.

Você saberia me dizer como é que você consegue ver aquela pasta?

COMO EU CONSIGO VER?

É. Qual o processo que você acha que está ocorrendo e que permite que você veja aquela pasta?

TEM LUZ E ENTÃO EU CONSIGO VER. VAI FORMAR NO NERVO ÓPTICO E VAI TRANSMITIR AO CÉREBRO E VAI HAVER A FORMAÇÃO DA IMAGEM NA RETINA.

Então, para isto é necessário que exista luz, né?

EU ACHO.

Se você estiver num quarto totalmente escuro então você não vai conseguir ver a pasta, não é?

NÃO.

Eu concordo quando você diz que é necessário que haja luz; mas é necessaário que haja luz onde?

NO AMBIENTE, NÉ? OU PRÓXIMO À PASTA.

É necessário que exista luz, mas qual é o processo que está ocorrendo?

POR EXEMPLO EU VOU OLHA NELA, VOU CAPTAR A IMAGEM E ELA VAI ATRAVESSAR PELO ESPAÇO DO OLHO ATÉ CHEGAR...

Quem vai passar pelo espaço do olho?

A IMAGEM, NÉ? A IMAGEM VAI SE FORMAR ATRAVÉS DA RETINA. MAS EU ACHO QUE SERIA A LUZ, NÃO É?

Você concorda que alguma coisa tem que passar pelo seu olho para chegar até a retina?

É E FORMAR A IMAGEM.

E esta alguma coisa você acha que deve ser a luz?

É TALVEZ, NÉ?

Você acha que a luz está batendo primeiro na pasta para depois vir para você ou ela está saindo do seu olho e indo até lá na pasta?

EU ACHO QUE ELA BATE NA PASTA, NÉ?

Quer dizer que a luz bate primeiro na pasta para depois vir para o seu olho, não é?

NÃO TENHO CERTEZA.

Como você sabe que alguma coisa está entrando dentro do seu olho? Você sente alguma coisa?

NÃO (Risos).

Então como é que você sabe?

PORQUE A GENTE SEMPRE ESTUDA, NÉ? MAIS OU MENOS QUE TEM QUE SER ASSIM PELA ALGUMA NOÇÃO QUE TEM QUE O PROCESSO PARA VOCÊ VISUALIZAR ALGUMA COISA É MAIS OU MENOS ESTE.

Você disse que a luz estava iluminando todo este ambiente, não é?

SIM.

Se eu acender a lâmpada do teto da sala, a luz chegaria aqui, na mesa, instantaneamente?

NÃO, DEMORA UM POUCO, POIS TEM A VELOCIDADE DA LUZ QUE É MUITO GRANDE, NÉ?

Então você acha que ela não é instantânea? Você acha que ela demora um certo tempo?

É SÓ QUE PRÁ GENTE TALVEZ SEJA IMPERCEPTÍVEL.

Porque?

PORQUE A VELOCIDADE DA LUZ É MUITO GRANDE.

Tudo bem. Lá fora, no pa'tio, tem luz?

NÃO, ALI NÃO.

Então ali não tem luz, né?

NÃO, NÃO TEM, QUER DIZER... TEM ALGUMA ILUMINAÇÃO,NÉ, MAS... EU ACHO QUE É ILUMINAÇÃO DA LUA.

Tudo bem, mas a minha pergunta foi: você acha que tem luz lá fora?

NÃO, ESTÁ MAIS ESCURO... QUER DIZER, TEM NÉ, POIS COMO VOCÊ IA ENXERGAR?

Ah, tudo bem, pois ao contrário você teria entrado em contradição.

É EU SEI... (RISOS).

Porque você tinha dito antes que se não tiver luz você não enxerga; então se você está enxergando é sinal que...

HÁ LUZ. ESTÁ UM POUCO MAIS ESCURO, NÉ?

Para você então, a quantidade de luz lá fora...

É MENOR UM POUCO DO QUE AQUI DENTRO.

Mas mesmo assim, tem luz lá fora?

SIM, TEM LUZ.

Para você o que é a luz?

SERIAM ONDAS, TALVEZ.

Onda como a onda na água, por exemplo?

É, MAIS OU MENOS AQUILO. MAS ONDA ELETROMAGNÉTICA. NÃO QUE A LUZ SEJA ONDA MAS ASSIM... TEM ESTE ESTILO.

Você acha que a luz não é formada de partícula? Silêncio. Prá você, então a luz é onda sem partícula material? Silêncio.

... AH, NÃO TENHO CERTEZA.

Se você estiver dentro de um quarto totalmente escuro você consegue ver algum objeto dentro dele?

NÃO.

Então o proceso da visão está relacionado com...

O OLHO, QUER DIZER, EU POSSO SENTIR, NÉ? PELO TATO O QUE ESTÁ ALI, MAS VISULAIZAR EU ACHO QUE NÃO.

Só se hover...

LUZ.

Foi mostrada a aluna uma lente convergente. Você sabe o que é isto aqui?

AH, UMA LENTE, UMA LUPA?

Pode pegar.

UMA LUPA, UMA LENTE DE AUMENTO.

Você já viu ou já fez aquela experiência de colocar uma lente no sol prá tentar queimar um papel ou tentar acender cigarros?

NÃO, MAS EU JÁ OUVI FALAR.

O que acha que acontece naquele momento?

É PORQUE A LUZ DO SOL, ELA VAI SER... ELA VAI PASSAR PELO FOCO E VAI SER TRANSMITIDA, NÉ, O CALOR VAI QUEIMAR ENTÃO.

Mas e se a luz passar através daquele vidro ali, vai acontecer a mesma coisa?

NÃO.

Então por que com a lente acontece? O que você acha que faz com que o cigarro acenda?

AH, NÃO SEI...

Mas sabe que acontece, não é?

AH, ISSO EU SEI.

Foi mostrado à aluna um papel escrito e uma caneta. Você consegue ver a sombra da caneta aqui, no papel?

SIM.

Eu não vou mudar a caneta de posição. Se eu trocar esta lâmpada por outra bem mais forte, o que você acha que vai acontecer com a sombra?

TALVEZ FIQUE MAIS INTENSA.

Quando você diz intesna você quer dizer que ela vai aumentar de tamanho?

NÃO, ESTÁ MEIO FRACO, NÉ, NÃO ESTOU CONSEGUINDO ENXERGAR DIREITO. AUMENTANDO A LUZ ELA FICARIA MAIS FORTE.

Porque você acha?

PORQUE EU ACHO QUE A LUZ VAI BATER ALI NA CANETA E ELA É UM OBSTÁCULO E A LUZ NÃO VAI ATRAVESSAR E ENTÃO VAI FORMAR O FORMATO DA CANETA.

Então onde a sombra está formada você acha que não está chegando luz?

NÃO QUER DIZER... AH, EU NÃO SEI.

Você está conseguindo ver este escrito aqui?

HUM, HUM.

Então você acha que tem luz batendo neles?

SIM.

Agora veja bem, eu vou colocar a caneta. Você está vendo a sombra?

ESTOU, MAS CONTINUO VENDO OS ESCRITOS.

Tá, então tente explicar este problema da sombra. O que você acha que está acontecendo aqui? Está chegando luz?

LÓGICO, SÓ QUE DE UMA MANEIRA MAIS FRACA, NÉ?

Quer dizer que você acha que a luz está passando pela caneta e está enfraquecendo até chegar lá?

É, EU NÃO SEI EXPLICAR DIREITO NÃO.

ENTREVISTA Nº 5

ALUNO: PHI - 14 anos e 10 meses - 1° Ano

Mostrar um espelho plano.

Você seria capaz de dizer o nome disso aqui?

ESPELHO.

Que tipo de espelho é este?

AH, UM ESPELHO...UM ESPELHO CONVEXO.

Este espelho é igual ao que você usa na sua casa normalmente?

É, QUE PARECE, PARECE.

Você está conseguindo ver a sua imagem no espelho?

ESTOU.

A imagem que você está vendo está aumentada, diminuida ou normal?

ESTÁ AUMENTADA, NÉ?

Você acha que ela está aumentada um pouquinho?

É.

Você seria capaz de me dizer ou colocar o dedo no local onde esta imagem está sendo formada? O aluno colocou o dedo na superficie do espelho. Quando você diz aí, você quer dizer na superficie do espelho?

É.

Quer dizer que a imagem está aí na superficie. É como se fosse uma gravura que está pregada aí, né?

É, ESPERA AÍ.. PARECE MAIS UMA MEDIDA.

Você está vendo a imagem desta caneta?

ESTOU.

Vou manter a caneta nesta posição e vamos supor que nós dois mudemos de lugar. Você acha que desta nova posição você veria a imagem da caneta?

ACHO QUE VERIA.

E se eu chegasse você mais para a direita? Você continuaria vendo a imagem da caneta?

ATÉ CERTO PONTO VERIA, NÉ, DEPOIS NÃO.

Depois não porque? O que você acha que está acontecendo?

A CANETA SAIRIA DO LIMITE DO ESPELHO.

Então quando você fala...

É DA SUPERFÍCIE DO ESPELHOP PRÁ ELE PODER REFLETIR, NÉ? COM UM ÍNDICE DE REFLEXÃO.

Espera aí, esta eu não entendi bem não. Por exemplo, a caneta está aqui na frente do espelho. Você acha que se eu colocar a caneta fora do espelho, lá, você acha que não veria a imagem?

FORA DO ESPELHO DE UM PONTO EU VERIA, MAS, SE FOSSE ULTRAPASSANDO MUITO ELA IRIA SAIR DO LIMITE... DA MEDIDA DO ESPELHO. ELE TEM UM CERTO LIMITE, NÃO O LIMITE DELE, MAS... UM LIMITE MAIS AMPLO. NO LIMITE ONDE A IMAGEM SERIA VISÍVEL. É MAS FORA DESTE LIMITE ELA NÃO SERIA VISÍVEL.

Quando você olha para o espelho você está conseguindo ver a sua imagem por inteiro? Da ponta dos pés até a ponta da cabeça?

NÃO.

O que você acha que deveria ser feito prá você ver a sua imagem por inteiro?

DEVERIA VIRAR O ESPELHO. DEVERIA LEVANTAR ELE E AFASTAR O ESPELHO.

Vamos supor que eu não possa mexer no espelho. O que você acha que deveria ser feito?

EU IA CHEGAR PRÁ TRÁS, NÉ?

Quer dizer que se afastando do espelho você veria a sua imagem por inteiro? Porque?

É PORQUE O SEGUINTE, NÉ... LÁ EM CASA TEM UM ESPELHO, ELE FICA ASSIM FORMANDO UM ÂNGULO COM A PAREDE E QUANDO CHEGO MAIS PRÓXIMO DELE, EU NÃO VEJO A IMAGEM POR INTEIRO, AGORA... AFASTANDO DÁ. AGORA NÃO SEI, PORQUE ESTOU ACOSTUMADO COM O ESPELHO LÁ DE CASA MAIS INCLINADO, NÉ.

Quer dizer que se o espelho fosse inclinado, chegando mais para trás daria?

E, AÍ APARECE A IMAGEM INTEIRA.

No início você disse que a sua imagem estava aumentada.

É, MAS NÃO... AGORA NÃO.

Então agora a imagem está normal?

NÃO, NORMAL NÃO, ESTÁ UM POUCO DIMINUÍDA.

(Neste momento eu aproximei a caneta do espelho e aí ele disse).

É, AGORA ESTÁ IGUAL.

Agora vou afastar a caneta, observe o que está acontecendo com a imagem dela.

ESTÁ DIMINUINDO.

Porque você acha que isto está acontecendo, heim?

NÃO SEI.

Neste ambiente onde nós estamos há luz?

HÁ LUZ ELÉTRICA. AGORA, SOLAR EU ACHO QUE NÃO.

Então você concorda que tem luz aqui? Onde está esta luz?

EM TODOS OS LUGARES.

Quando você diz em todos os lugares o que você quer dizer?

A LUZ ELA SE ESPALHA. DE UM DETERMINADO PONTO ELA SE ESPELHA ATÉ UM CERTO LIMITE.

O que quer dizer até um certo limite?

A LUZ ILUMINA UM CERTO ESPAÇO...NÃO VAI ILUMINAR TUDO NÃO.

Você acha que se eu trocasse esta lâmpada por outra bem mais forte, você acha que o poder de alcance vai aumentar?

VAI AUMENTAR A POTÊNCIA DA LUZ...ILUMINAR MAIS.

O que você acha necessário para se ver um objeto?

UMA DISTÂNCIA MÍNIMA ENTRE OS DOIS.

Se eu colocar esta caneta num quarto totalmente escuro você veria a caneta?

NÃO... TEM QUE HAVER LUZ.

Então você só consegue ver a caneta se houver luz?

É. OU SE HOUVER UM ÓCULOS ESPECIAL DE INFRAVERMELHO.

Quando você está viajando à noite é comum você ver luzes de uma cidade lá ao longe, não é?

CONSIGO.

Mas se você me disse há pouco que a luz tem um poder, ela ilumina até uma determinada região. Você disse que se tiver dois postes e a luz de um deles queimar, a

região entre um e outro vai ficar...

DÁ PRÁ VOCÊ VER MAS ELA NÃO ILUMINA A REGIÃO ONDE EU ESTOU NÃO.

Quer dizer que você acha que dá para ver a luz mas ela não ilumina não.

POR EXEMPLO: TÁ A LUZ ALI, A GENTE CONSEGUE VER, MAS AQUI (debaixo da mesa) ELA NÃO ILUMINA NÃO.

Me explica como é que você acha que é o processo da visão? Por exemplo, você está vendo aquela pasta ali? Me explica como você consegue ver aquela pasta. Qual o processo que está ocorrendo?

TEM QUE TER LUZ.

O que está acontecendo com esta luz?

ELA ESTÁ FUNCIONANDO NA AUSÊNCIA DA ESCURIDÃO PARA HAVER A VISUALIZAÇÃO DO OBJETO.

Se você fechar o olho você consegue ver a pasta?

AH, VOCÊ VÊ UM VULTO, NÉ?

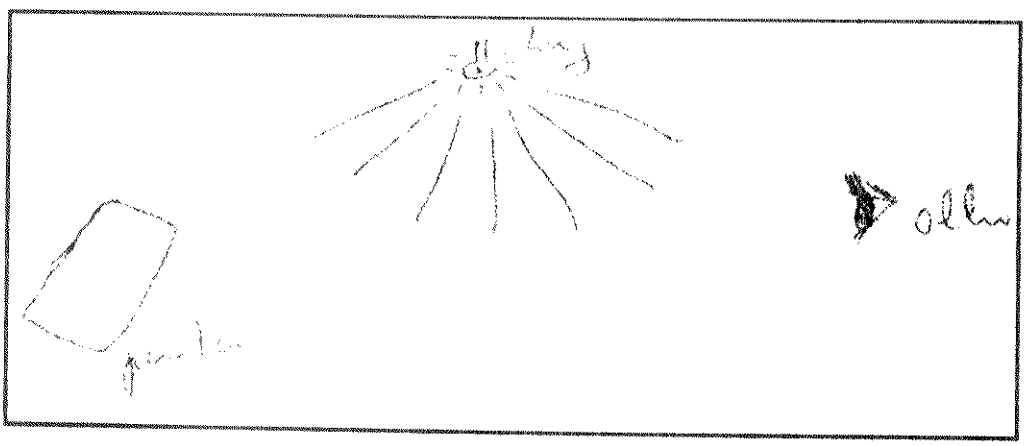
Mesmo fechando o olho totalmente?

AH, NÃO, ASSIM NÃO.

Então para enxergar a pasta é necessário estar com o olho aberto, não é?

SIM.

O que você acha que está acontecendo com a luz? Silêncio. Você seria capaz de fazer um desenho e mostrar como é que você consegue ver aquela pasta? Fez o desenho.



A LÂMPADA ESPALHANDO A LUZ EM TODAS AS DIREÇÕES.

Então a luz para você se espalha em todos os sentidos?

EM TODOS OS SENTIDO. VARIAÇÃO EM LINHA RETA.

Ah, você está fazendo linhas retas, então para você a luz se propaga em linha reta? Ela não faz curva, não?

TEORICAMENTE A LUZ SE PROPAGA EM LINHA RETA.

Qual o nome que você dá para estas linhas retas?

LINHAS DE PROJEÇÃO.

Me explica, então, como você consegue ver a pasta.

A LUZ ILUMINA... TAMBÉM O CAMINHO, NÉ?

Então você acha que entre a pasta e você neste caminho aí existe alguma coisa?

ALGUMA COISA NÃO. EXISTE LUZ, NÉ.

Então você acha que entre você e a pasta existe luz?

SIM.

Vamos voltar ao desenho.

A luz está em todas as direções, e daí?

E DAÍ QUE ILUMINA ALI...

Ali onde?

NA PASTA, EM TODA REGIÃO...

Qual a função do seu olho nesse negócio todo?

A FUNÇÃO DO MEU OLHO É CAPTAR A IMAGEM E TRANSMITIR AO CÉREBRO.

Como é que seu olho consegue captar a imagem?

PROCESSO IGUAL AO DA MÁQUINA FOTOGRÁFICA QUE ELES FALAM ... A FIXAÇÃO DA IMAGEM NA RETINA POR L=1/20S.

Esta alguma coisa que faz fixar na retina o que é? Você acha que alguma coisa está entrando dentro do seu olho?

ALGUMA COISA ACHO QUE... SERIAM RAIOS RETOS INVERTIDOS.

Quem é que traz esta imagem invertida até a sua retina?

A LUZ.

Então você acha que a luz está entrando dentro do seu olho?

É.

Como é que você sabe disso, você sente alguma coisa?

NÃO, NÃO É QUE EU SINTO NÃO MAS...

Se você colocar a mão na frente do olho você vai continuar vendo a pasta?

NÃO, PORQUE ALÉM DE HAVER UMA BARREIRA A LUZ NÃO ESTÁ CHEGANDO.

Não está não?

NÃO PORQUE EU COLOQUEI A MÃO NA FRENTE.

Então aí tem um problema: prá ver é necessário que a luz chegue até o seu olho. Você concorda que tem luz chegando no seu olho aqui?

TEM, POIS SE A LUZ É A MESMA...

Então porque você não vê a pasta?

É... NÃO A LUZ ESTÁ ILUMINANDO... PORQUE UM SOBREPÕE NA FRENTE DO OUTRO.

Ah, então você não vê a pasta porque a luz que está vindo dela não conseguiu chegar até o seu olho?

É, É ISSO.

Então vamos recapitular: prá que você veja a pasta é necessário que exista...

LUZ.

Esta luz, ela tem que chegar na pasta ou ela pode chegar direto no seu olho?

COMO ASSIM, CHEGAR NA PASTA? EU ACHO QUE A LUZ ESTÁ REFLETINDO NA PASTA.

Então você acha que reflete?

É.

O que é refletir para você?

É A REPETIÇÃO DA IMAGEM NEM SEMPRE IGUAL, NÉ? PORQUE NA MINHA OPINIÃO NEM O ESPELHO CONSEGUE REFLETIR IGUALZINHO.

Então para você refletir é bater e voltar?

É.

Philippe, dentro da sala tem luz?

SIM.

Lá fora no pátio tem luz?

NÃO SEI, SE TEM LUZ ACESA NÃO.

Então você acha que para haver luz é necessário que tenha luz acesa?

É TEM QUE TER LUZ ACESA PRÁ PODER ILUMINAR.

Então você acha que lá fora não tem luz?

PELO MEU CONHECIMENTO TERIA QUE TER UMA LUZ ACESA, NÉ?

Aqui debaixo da mesa tem luz?

ATÉ AQUI BATE LUZ MAS A SOMBRA NÃO TÁ DEIXANDO NÃO.

Você está vendo aquele fio lá fora?

ESTOU.

Então vamos recapitular: você diz que só consegue ver alguma coisa se tiver...

LUZ.

Você disse que no pátio não tem luz.

NÃO EU NÃO SEI.

Vou te fazer a pergunta outra vez: você está vendo aquele fio?

SIM, DOIS FIOS.

Então você está vendo os fios?

SIM, MAS EU NÃO SEI SE TEM LUZ ACESA LÁ FORA, NÃO.

Então lá fora tem luz?

TEM UMA... É UMA ESPÉCIE DE CORRENTE ELÉTRICA QUE GERA LUZ. AGORA SE LÁ ESTÁ ACESO OU NÃO, EU NÃO SEI.

Você acha que a luz pode passar de um ambiente para outro?

SIM SÓ QUE A LUZ VAI DIMINUINDO.

Se em dois ambientes separados por uma porta eu apagar a lâmpada em um deles e deixar a porta aberta, você acha que a luz de um ambiente passa para o outro?

PASSA, SÓ QUE NA REGIÃO DA PORTA, NÉ?

Quer dizer que só vai haver luz na região da porta?

É, NO RESTO VAI FICAR UMA SEMI-CLARIDADE. NÃO VAI FICAR CLARO ASSIM NÃO. MAS TAMBÉM NÃO FICA TOTALMENTE ESCURO PORQUE EU ACHO QUE A LUZ VAI DIMINUINDO DE INTENSIDADE.

Você acha que a luz gasta um certo tempo para chegar dali até aqui?

FRAÇÃO PEQUENA DE SEGUNDO. MAS GASTA.

O que é a luz?

É ALGUMA COISA QUE PODE ILUMINAR, PARTÍCULAS DE FÓTONS E OUTRAS MAIS.

Como é que você sabe que tem luz aqui dentro da sala?

PORQUE EU ESTOU VENDO TUDO CLARO E TEM A PRESENÇA DAS LÂMPADAS.

Se eu estivesse durante o dia, na rua, e o céu estivesse nublado, haveria luz?

HAVERIA CLARIDADE.

Como é que você sabe que tem claridade?

PORQUE EU ESTOU VENDO A CLARIDADE. NÃO TERIA SOL MAS...

Se eu colocasse uma folha de papel de tal forma que você não visse a lâmpada, você acha que vai continuar tendo luz?

SIM, SÓ QUE UMA PARTE VAI SER OBSTRUÍDA PELA FOLHA E PELO BRAÇO.

Você está vendo a sombra desta caneta?

SIM.

Se eu trocar a lâmpada por outra bem mais forte que esta, o que você acha que vai acontecer com a sombra?

A SOMBRA VAI AUMENTAR.

Vai aumentar de tamanho?

ESPERA AÍ, VEJA O EXEMPLO: NA VELA QUE A LUZ É MAIS FRACA A SOMBRA AUMENTA, ENTÃO SE AUMENTAR A LUZ A SOMBRA VAI DIMINUIR.

Porque está formando sombra aqui?

A OBSTRUÇÃO DA LUZ POR ESTE OBJETO E AQUI FICA ESCURO.

Então você acha que na região de sombra não tem luz?

NÃO.

Você está vendo estas letras aqui?

ESTOU.

Você concorda que para ver estes escritos é necessário que tenha luz?

AÍ SE EU COLOCAR A CANETA NA FRENTE...

Você está vendo os escritos?

ESTOU...

Você disse que a sombra é uma região que não tem luz. Se eu colocar a caneta fazendo sombra sobre os escritos você continua vendo os escritos?

VOU CONTINUAR LENDO, NÉ? ISTO É PORQUE TEM LUZ CHEGANDO DE LADO...

Mas você não disse que a luz se propaga em linha reta?

É.

Eu colocando a mão, daqui até o papel, como a luz está conseguindo chegar lá?

A LUZ QUE ESTÁ CHEGANDO NA MÃO NÃO PASSA MAS A OUTRA BATE E CONSEGUE CHEGAR LÁ.

E naquele vidro da janela, você acha que a luz está batendo e voltando?

NÃO, ESTÁ PASSANDO.

Olha para o vidro. Você está vendo o vidro?

ESTOU, MAS A LUZ CONSEGUE PASSAR PORQUE ELE NÃO É OPACO, NÉ?

A luz que está chegando no vidro ela está passando totalmente?

NÃO, UMA PARTE BATE E VOLTA.

O que acontece com a luz quando ela bate na mesa?

ELA BATE E ESPALHA. NÃO ATRAVESSA.

E no vidro?

UMA PARTE BATE E ATRAVESSA E UMA PARTE VOLTA. A MEDIDA QUE VAI AUMENTANDO A COLORAÇÃO DO VIDRO VAI DIMINUINDO A QUANTIDADE DE LUZ QUE CONSEGUE PASSAR.

A luz que bate na mesa não consegue atravessar, não é?

É.

Então como é que você consegue ver o seu pé debaixo da mesa?

AH, A LUZ QUE ESTÁ VINDO DE LÁ CONSEGUE CHEGAR AQUI.

Se eu descobrir a passagem da luz que vem de lá?

EU CONTINUO VENDO O MEU PÉ.

Como?

A LUZ BATE AQUI NA PAREDE E CHEGA LÁ. ELA REFLETE.

ENTREVISTA Nº 6

ALUNO: Julius - 13 anos e 10 meses - 1° ano

Como é que se chama isto à sua frente?

ESPELHO.

Que tipo de espelho é este?

NÃO SEI.

Ele se parece com o que você usa na sua casa?

PARECE.

Como se chama isto que você está vendo no espelho?

IMAGEM. A MINHA IMAGEM.

Você acha que sua imagem está aumentada, diminuída ou do mesmo tamanho?

ESTÁ NORMAL.

Você está vendo esta caneta?

ESTOU.

Você está vendo a imagem dela no espelho?

ESTOU.

Você acha que a imagem da caneta está maior, menor ou do mesmo tamanho?

DO MESMO TAMANHO.

Eu vou afastar a caneta, o que você acha?

PERMANECE DO MESMO TAMANHO.

E se eu colocar bem lá atrás?

PERMANECE DO MESMO TAMANHO.

Mantendo a caneta numa posição fixa. Suponha que nós dois mudemos de lugar. Você acha que continua vendo a imagem da caneta?

ACHO QUE SIM.

E se você ficar lá na ponta da mesa?

NÃO, AÍ NÃO.

Porque você acha que não?

PORQUE O RAIO DO ESPELHO, DE AÇÃO... NÃO TEM... NÃO VAI ATÉ O FINAL DA MESA. SE FOSSE MAIOR E ESTIVESSE MAIS DISTANTE....

Se fosse maior o que?

O ESPELHO. SE ELE ESTIVESSE MAIS DISTANTE DE MIM AÍ EU PODERIA VER A IMAGEM.

Você está conseguindo ver a sua imagem por inteiro?

NÃO.

Se você quiser ver a sua imagem por inteiro, o que deverá fazer?

CHEGAR O ESPELHO PARA TRÁS OU EU CHEGAR PARA TRÁS.

Porque você acha isto?

PORQUE QUANTO MAIS DISTANTE DO ESPELHO MAIOR É O RAIO DE AÇÃO DO ESPELHO QUE PEGA A IMAGEM.

Mesmo que você fosse muito grande o espelho pequeno, ainda assim você veria a sua imagem por inteiro?

SIM. BASTA CHEGAR PARA TRÁS.

Você acha que neste ambiente onde estamos tem luz?

LUZ SOLAR OU...

Luz, de maneira geral?

TEM.

Onde tem luz aqui?

NAS LÂMPADAS DO TETO.

Quer dizer que a luz está lá nas lâmpadas do teto?

É.

Quer dizer que aqui na mesa não tem luz?

TEM, NA MESA, NO PAPEL...

Mas você não falou que a luz estava lá, em cima?

ESTÁ, MAS QUANDO A LUZ BATE NA MESA, A MESA REFLETE UMA IMAGEM.

Mas como é que a luz bate na mesa se ela está lá em cima?

MAS ELA OCUPA TODO O ESPAÇO ONDE NÓS ESTAMOS, ELA SE PROPAGA. A LUZ SE PROPAGA NO ESPAÇO.

Nesta sala a luz está onde então?

NO AMBIENTE.

Mas antes você disse que ela estava lá em cima.

EU MODIFICO. ELA ESTÁ NO AMBIENTE.

Lá fora, no pátio, tem luz?

LUZ...TEM.

De onde?

DAS SALAS QUE ESTÃO ACESAS, A LUZ PASSA PELO VIDRO DAS JANELAS.

Onde é que tem mais luz, aqui dentro ou lá fora?

ACHO QUE AQUI DENTRO DA SALA.

Você disse que a luz sai da lâmpada e chega aqui na mesa?

É, ELA SE PROPAGA E A MESA REFLETE ESTA... CLARIDADE, NÃO SEI SE É ESTE O TERMO. A MESA REFLETE E TEM A ... LUZ ... A GENTE ENXERGA A MESA.

Para você enxergar a mesa é necessário que tenha...

LUZ

Se não tiver luz você não vai enxergar a mesa?

NÃO.

A luz quando bate na mesa ela consegue atravessar?

NÃO, ATRAVESSAR NÃO.

Então o que acontece com a luz quando ela está chegando aqui na mesa?

É REFLETIDA. ESTÁ SENDO REFLETIDA PARA OS NOSSOS OLHOS.

Você acha que tem alguma coisa entrando dentro do seu olho?

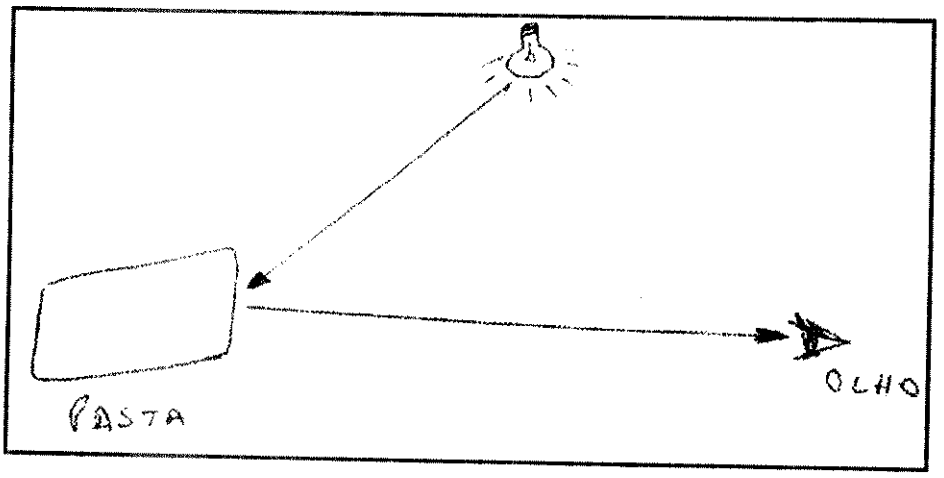
SILÊNCIO.

Você está vendo aquela pasta lá?

ESTOU..

Você seria capaz de fazer um desenho explicando como você consegue ver a pasta?

FEZ O SEGUINTE DESENHO:



O que está acontecendo com a luz aí? Onde tem luz?

NO MEIO.

No meio todo?

É, NO MEIO TODO.

Você seria capaz de mostrar como é que a luz consegue chegar neste meio aí? Que tracinhos são estes que estão ao redor da lâmpada?

SÃO LUZES... A CLARIDADE SAINDO DA LÂMPADA.

Estes tracinhos são retos ou curvos?

RETO.

Isto quer dizer que a luz está andando em linha reta?

PRATICAMENTE RETO... ELA PODE TALVEZ SE DESVIAR , OU...

Me mostra então como é que você consegue ver a pasta.

A LUZ SAI DA LÂMPADA, BATE NA... REFLETE NA PASTA. NA PASTA COMO ELA É AMARELA, AQUELA LUZ REFLETE. A LUZ VEM, PORQUE NÓS ESTAMOS OLHANDO E VAI PARA OS OLHOS DE QUEM ESTÁ OBSERVANDO.

Como é que você sabe que esta luz vem dentro do seu olho? Você sente alguma coisa?

NÃO.

Então como é que você sabe?

NÓS ESTAMOS OLHANDO.

Quer dizer que pelo simples fato de estarmos olhando para a pasta você acha que a luz está entrando no seu olho?

É.

Para você o que é a luz?

CONCEITUAR A LUZ EU NÃO SABERIA NÃO.

Nem dizer o que ela faz, por exemplo?

ILUMINA O MEIO.

Você acha que a luz gasta um certo tempo para iluminar o meio?

GASTA. GASTA UM TEMPO MÍNIMO.

Estamos à noite num local escuro. Do lado de fora da casa tem uma lâmpada acesa. Você acha que ela vai clarear o ambiente todo?

DEPENDE DA FORÇA DA LÂMPADA.

O que é força da lâmpada?

O TAMANHO DELA INFLUENCIARIA.: SE ELA FOSSE MAIOR SAIRIA MAIS LUZ. QUANTIDADE DE VOLTAGEM DA LÂMPADA.

Vamos supor que a lâmpada fosse bastante forte. O que você acha que iria acontecer?

ILUMINARIA UM RAIO DE AÇÃO BEM GRANDE.

Quer dizer que ela não ilumina indefinidamente não?

NÃO, NÃO, CHEGA EM DETERMINADO PONTO ELA ACABA.

A luz morre?

NÃO, A LUZ NÃO MORRE. ELA NÃO TEM MAIS FORÇA NO SEU PERCURSO.

A luz, a medida que ilumina ela vai perdendo o poder?

SIM.

Voltando ao exemplo anterior. Você acendeu a lâmpada. Suponha que você esteja bem longe. Você enxergaria a lâmpada? Haveria luz lá?

SIM. PORQUE TALVEZ DEPENDENDO DA DISTÂNCIA... A LÂMPADA ESTÁ NUM LUGAR X, LÁ UNS 50 KM, EM LINHA RETA, A LÂMPADA VAI DIMINUINDO, A LÂMPADA NÃO... A SUA CLARIDADE VAI DIMINUINDO DIANTE DE SEUS OLHOS E QUANTO MAIS LONGE MENOR É ESTE CAMPO, ATÉ O PONTO ONDE VOCÊ, TALVEZ, NÃO CONSIGA VER, BEM LONGE.

À noite você vê as estrelas?

VEJO.

Porque?

POR QUE ELA EMITE LUZ.

Você sabe qual a distância de uma estrela à terra?

NÃO.

É bem grande, não é?

SIM.

Explica então como você consegue vê-la.

O BRILHO DA ESTRELA É MAIOR DO QUE O DA LÂMPADA E O TAMANHO DA ESTRELA É BEM MAIOR TAMBÉM. MUITO MAIOR QUE UMA LÂMPADA. NUM LUGAR ESCURO, POR MAIS ESCURO QUE SEJA, EXISTE CLARIDADE DE ALGUMA CIDADE PRÓXIMA. DA ESTRELA LÁ NO ESPAÇO NÃO EXISTE... LUZ.

Quer dizer que a luz de uma estrela não interfere na da outra?

SÃO VÁRIAS ESTRELAS EMITINDO LUZ EM DIREÇÃO À TERRA.

Você está vendo a sombra desta caneta?

ESTOU.

O que é a sombra? O que está acontecendo para que a sombra exista?

A CANETA ESTÁ INTERROMPENDO A LUZ PASSAR AQUI PARA O PAPEL. A LUZ BATE NA CANETA. REFLETE E NÃO PASSA AQUI PARA O PAPEL.

Quer dizer que a sombra não existe luz?

TEM O REFLEXO DO PAPEL. A LUZ BATE NA CANETA E NO PAPEL. A LUZ BATENDO NA CANETA VOLTA E QUANDO BATE NO PAPEL REFLETE NA CANETA E A CANETA AUTOMATICAMENTE REFLETE NESTE PEDAÇO DE PAPEL.

Quer dizer que na região da sombra há luz também?

TEM MAS EM MENOS QUANTIDADE.

Se você trocar a lâmpada por outra mais forte, o que vai acontecer com a sombra?

EU ACHO QUE A SOMBRA DIMINUIRIA.

Como assim?

O CONTRASTE DIMINUIRIA. FICARIA MAIS CLARO, CHEGARIA MAIS LUZ.

Como é que você sabe que dentro da sala existe luz?

PORQUE A LUZ AUTOMATICAMENTE REFLETE NOS NOSSOS OLHOS.

Uma pessoa cega saberia se dentro da sala tem luz?

SABERIA.

Porque?

PORQUE A LUZ EMITE UM CERTO CALOR. QUEM NÃO É CEGO TEM OS SENTIDOS BEM DISTRIBUÍDOS E NÃO NOTA ESTE CALOR. MAS A PESSOA CEGA, O SENTIDO AUMENTA E A LUZ EMITE UM CALOR QUE ESTA PESSOA CEGA PODE SENTIR.

ENTREVISTA Nº 7

ALUNO: Marcelo - 16 anos e 5 meses. 1° ano.

Como se chama isto à sua frente?

ESPELHO.

Que tipo de espelho é este?

NÃO SEI.

É parecido como aquele que usa na sua casa?

É.

Como se chama aquilo que você está vendo no espelho?

IMAGEM.

A sua imagem está do mesmo tamanho, maior ou menor?

É... TÁ DO MESMO TAMANHO.

Você está vendo a imagem desta caneta?

ESTOU.

Se eu afastar a caneta o que ocorrerá com a sua imagem?

A MEDIDA QUE A CANETA SE APROXIMA DE MIM (E SE AFASTA DO ESPELHO), ELA AUMENTA DE TAMANHO MAS A IMAGEM DIMINUI. A MEDIDA QUE A CANETA SE APROXIMA DE MIM TENHO UMA MAIOR VISÃO DELA.

Você está vendo a sua imagem por inteiro no espelho?

INTEIRA NÃO.

Se você quiser ver a sua imagem por inteiro o que é que você deve fazer?

ME DISTANCIAR NO ESPELHO.

Quer dizer que se você chegar para trás você vê a imagem por inteiro?

SIM.

Porque?

NÃO SEI EXPLICAR

Você está vendo a imagem dessa caneta?

SIM.

Mantendo a caneta na mesma posição e supondo que nós depois trocássemos de lugar. Na sua nova posição você conseguiria ver a imagem da caneta?

OLHA, DE ONDE EU ESTOU EU NÃO ESTOU VENDO A SUA IMAGEM

NO ESPELHO, CERTO? QUANDO QUE PASSAR PARA AÍ, OLHANDO DAQUI ASSIM, EU ACHO QUE VOU VER A IMAGEM DELA.

E se eu te colocasse mais para a direita, lá na ponta da mesa?

EU NÃO VOU TER ÂNGULO PARA VER A IMAGEM DA CANETA.

Quer dizer que você acha que depende do ângulo?

SIM.

Neste ambiente da sala existe luz?

TEM, UAI.

Onde está a luz?

NA LÂMPADA.

Se você estiver dentro de um quarto totalmente escuro você acha que você vê algum objeto?

SE O OBJETO FOSSE UM MATERIAL LUMINOSO, UM MATERIAL RADIOATIVO, POR EXEMPLO, EU VERIA.

Mas suponha que fosse um objeto comum.

NÃO, NÃO VERIA.

Para que você veja um objeto é necessário que tenha o que?

LUZ.

Quando eu te perguntei se dentro da sala tinha luz você disse que tinha. Você disse que a luz estava onde?

NA LÂMPADA.

Você está vendo esta caneta aqui?

ESTOU.

Para você ver é necessário...

LUZ.

Mas você não disse que a luz estava lá?

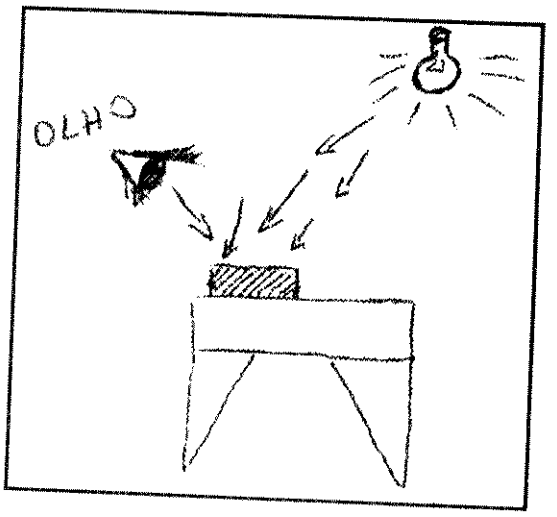
PORQUE A LUZ ESTÁ ILUMINANDO, CLAREANDO ESTE ESPAÇO TODO. ENTÃO NESTE ESPAÇO QUE ESTÁ CLARO QUE VEJO A CANETA.

Mas a luz continua lá em cima?

CONTINUA MAS ELA CLAREIA EM VOLTA DELA TUDO.

Você saberia fazer um desenho mostrando isto?

FEZ O SEGUINTE DESENHO:



A seguir disse:

A LUZ CLAREIA PARA TODOS OS LADOS COMO NO DESENHO ACIMA.

Que tracinhos são estes aí?

A LUMINOSIDADE DELA. A LUZ QUE ELA ESTÁ EMITINDO.

Estes traços são retos ou curvos?

EU ACHO QUE LINHAS RETAS POIS QUANDO EU ACENDO UMA LANTERNA, A LUZ DELA NÃO FAZ CURVA.

Como se chama cada tracinho destes?

NÃO SEI.

Você acha que a luz que está vindo da lâmpada chega aqui, na mesa?

EU ACHO QUE SIM.

Porque?

PORQUE ESTOU CONSEGUINDO VER A MESA.

Me explica como isto está acontecendo.

A LUZ JOGANDO UMA CLARIDADE NA MESA E EU SÓ VOU CONSEGUIR VER A MESA SE ELA ESTIVER ILUMINADA. POR EXEMPLO, NO ESCURO, SE NÃO TIVESSE LUZ BATENDO NO MEU OLHO EU ACHO QUE NÃO VERIA.

Então você acha que a luz tem que bater no seu olho

RISOS. TEM QUE BATER NA MESA E, SEI LÁ, NO OLHO TAMBÉM.

Primeiro tem que bater na mesa?

É, PRIMEIRO TEM QUE BATER NA MESA.

Ao bater na mesa o que acontece com a luz?

ELA CLAREIA A MESA.

Como é que você sabe que a luz está batendo no olho?

SILÊNCIO.

Você disse que a luz bem em linha reta e que primeiro ela bate na mesa. Como a luz pode então estar batendo no seu olho?

NESTE CASO EU ACHO QUE ELA NÃO ESTARIA VINDO NO MEU OLHO. (NESTE MOMENTO ELE VOLTOU AO DESENHO E DISSE: A LUZ VEM, BATE NA MESA, CLAREIA A MESA, TIRANDO-A DO ESCURO E AÍ EU CONSIGO VER A MESA. POR EXEMPLO, NO MEU QUARTO, NA MINHA ESCRIVANINHA, TEM LUZ QUE CLAREIA. MESMO QUE EU APAGUE A LUZ DO QUARTO E FIQUE FORA DO FACHO DA LUZ DA ESCRIVANINHA, MESMO ASSIM EU CONSIGO VER O MEU CADERNO.

Mas como ocorre isto? Qual a função do seu olho? Como você consegue ver? Tem alguma coisa chegando no seu olho?

TEM, POR QUE EU ESTOU VENDO A IMAGEM DO CADERNO. (VOLTA AO DESENHO) E TRAÇA AS SETAS.

O que está acontecendo com o seu olho?

MEU OLHO VÊ O QUE ESTÁ EM CIMA DA MESA.

Quer dizer que o seu olho vai lá e vê o que está sobre a mesa?

É.

E se eu tirar esta lâmpada daqui (no desenho). Você vai conseguir ver?

NÃO.

Mas isto aqui que está saindo do seu olho?

VAI CONTINUAR SAINDO SÓ QUE A MESA ESTÁ NO ESCURO E EU NÃO CONSIGO VER A MESA. APAGOU A LUZ MAS NÃO APAGOU O MEU OLHO.

O que é luz?

SERIA UMA ENERGIA LIBERADA POR ÁTOMOS.

Você consegue ver a luz?

NÃO, EU VEJO O EFEITO DA LUZ.

Como é que você sabe que tem luz aqui na sala?

PORQUE QUANDO NÃO TEM EU NÃO CONSIGO VER NADA.

Um cego saberia que tem luz aqui na sala?

NÃO SEI.

Como é que se chama isto aqui no papel?

SOMBRA.

Você saberia explicar como ela é formada?

BOM... É ...POR EXEMPLO, A LUZ EMITIDA, ELA NÃO FAZ CURVA, ENTÃO QUANDO ELA BATE NA CANETA, ELA PÁRA AQUI. ELA CLAREIA A PARTE DE CIMA DA CANETA E NÃO CLAREIA EMBAIXO DELA.

(Desloquei a sombra até uns escritos no papel). Você está vendo os escritos?

ESTOU.

Tem luz aqui?

NÃO.

Então como é que você está vendo?

ELE FEZ UM DESENHO REPRESENTANDO RAIOS LUMINOSOS COM PONTINHOS AO REDOR, QUE SERIAM RESPONSÁVEIS PELA ILUMINAÇÃO NA SOMBRA.

Se eu trocar a lâmpada por outra mais forte, a sombra vai aumentar, diminuir ou ficar do mesmo tamanho?

VAI FICAR MAIS CLARA.

Porque?

PORQUE A INTENSIDADE DO RAIO VAI SER MAIOR.

ANEXO 4

Protocolo dos Questionários

Questionários nº 1 e nº 2

PROTOCOLO DO QUESTIONÁRIO N° 1

Objetivos:

- Verificar se o aluno conhece o significado de luz;

- Verificar se o aluno identifica o movimento da luz;

- Verificar se o aluno conhece o processo de formação de sombra;

- Verificar se o aluno identifica a conservação da luz;

- Verificar se o aluno utiliza diagramas com raios luminosos;

- Verificar, através dos diagramas apresentados, se o aluno identifica o sentido de propagação da luz;

- Identificar o tipo de modelo de visão apresentado pelo aluno;

- Verificar se o aluno associa o tamanho da sombra com a intensidade da fonte luminosa.

Procedimentos:

- Listar vários objetos e pedir o aluno para identificar quais deles produzem luz;

- apresentar uma situação de formação de sombra e perguntar ao aluno o que acontece com a sombra se trocarmos a fonte luminosa por outra mais intensa;

- perguntar ao aluno o que é a luz;

- apresentar, através de um desenho, uma situação com um objeto, uma fonte lumi[illegible] um observador e pedir ao aluno para traçar um diagrama mostrando como ele cons[illegible]r o objeto;

- Simular uma situação onde se pretende acender um cigarro através de uma lent[illegible]ntar se o aluno saberia como fazê-lo;

- Perguntar ao aluno sobre o que acontece com a luz após passar através da lente e acender o cigarro.

QUESTIONÁRIO Nº 1

NOME: _____ SÉRIE: _____

IDADE: _____ ANOS: _____ MESES: _____

ESCOLA: _____

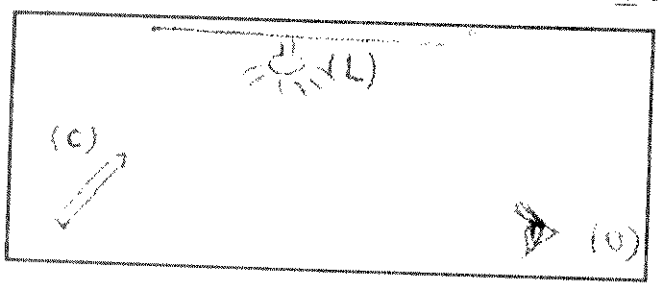
1°) Entre os objetos abaixo, marque aqueles que produzem luz;

_____ o fogo _____ os olhos _____ uma vela acesa _____ um lápis _____ o sol _____ um espelho _____ uma garrafa _____ uma janela _____ uma lente.

2°) Uma lâmpada presa ao teto de uma sala, projeta, no chão, a sombra de uma caneta. Se trocarmos a lâmpada por outra mais forte (que ilumina mais), o que ocorrerá com a sombra da caneta? Explique.

3°) Para você o que é a luz?

4°) O desenho abaixo representa um observador O , uma caneta C e uma lâmpada L.



Faça um desenho mostrando como o observador consegue ver a caneta ou, ao invés do desenho, explique como o observador consegue ver a caneta.

5°) Você deseja acender um cigarro utilizando uma lente de vidro. Explique, através de um desenho ou palavras, como você faria para acender o cigarro.

6°) O que você acha que aconteceu com a luz após ela passar pela lente e acender o cigarro?

PROTOCOLO DO QUESTIONÁRIO Nº 2

Objetivos:

- Verificar se o aluno identifica a propagação retilínea da luz;

- Verificar se o aluno identifica, no processo de formação da sombra, o movimento da luz;

-Verificar se o aluno utiliza o traçado de raios luminosos no sentido dinâmico ou no sentido estático-geométrico;

- Verificar se o aluno identifica a reflexão difusa (difusão da Luz);

- Verificar se o aluno identifica a reversibilidade da luz;

- Verificar se o aluno associa o tamanho da sombra com a intensidade da fonte luminosa;

- Verificar, através dos diagramas traçados, se o aluno apresenta o modelo de visão Pitagórico do tato visual.

Procedimentos:

- Apresentar, através de um desenho uma fonte luminosa, um muro e um prédio de três andares com as janelas abertas e perguntar:

1 - De qual (is) janela (s) estando dentro do prédio pode-se ver a lâmpada.

2 - Mostre através de um desenho onde você deve estar dentro do prédio, para que possa ver a lâmpada.

3 - Qual (is) janela (s) é (são) iluminada (s) pela lâmpada?

- Apresentar, através de um desenho, uma lâmpada acesa, uma caixa e a sua sombra projetada no chão e perguntar:

1 - Se substituirmos a lâmpada por outra mais forte, o que ocorrerá com a sombra da caixa.

2 - Para que não apareça nenhuma sombra da caixa no chão, estando a lâmpada acesa, o que devem fazer?

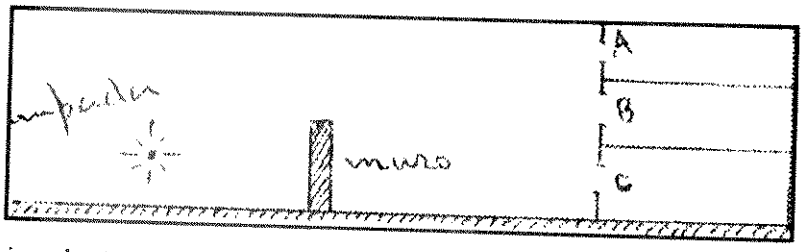
QUESTIONÁRIO N° 2

NOME: _____ SÉRIE: _____

IDADE: _____ ANOS: _____ MESES: _____

ESCOLA: _____

O desenho abaixo representa uma lâmpada acesa, um muro e um prédio de três andares com as Janelas A, B e C abertas.



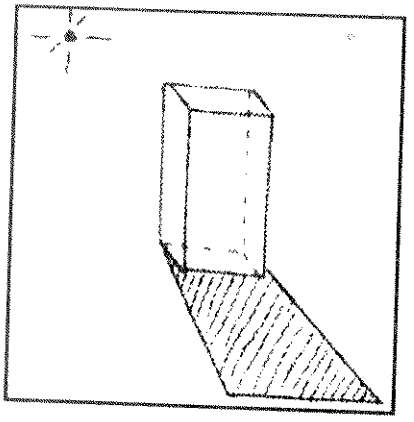
1°) De qual (is) janela (s) estando dentro do prédio, pode-se ver a lâmpada? Por que?

2°) Mostre através de um desenho o (s) locais (is) onde você deve estar (dentro do prédio), para que possa ver a lâmpada. Explique.

3°) Qual (is) das janelas é iluminada pela lâmpada? Por que?

4°) Você acha que, dentro do prédio, existe algum lugar onde a lâmpada não consegue iluminar? Por que?

O desenho abaixo representa uma lâmpada acesa, uma caixa e a sua sombra no chão:



5°) Se substituirmos a lâmpada por outra mais forte, o que ocorrerá com a sombra da caixa? Explique.

6°) Para que não apareça nenhuma sombra da caixa no chão, estando a lâmpada acesa, o que devemos fazer? Explique.