

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE FÍSICA
Programa de Pós Graduação em Ensino de Física
Mestrado Profissionalizante em Ensino de Física

Luz e Cores: Uma proposta interdisciplinar no Ensino Fundamental

Cláudia Teresinha Jraige de Andrade

Porto Alegre
2005

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

INSTITUTO DE FÍSICA

Programa de Pós Graduação em Ensino de Física

Mestrado Profissionalizante em Ensino de Física

Cláudia Teresinha Jraige de Andrade

Luz e Cores: Uma proposta interdisciplinar no Ensino Fundamental¹

Dissertação realizada sob a orientação da Profa. Dra. Maria Helena Steffani, apresentada ao Instituto de Física da UFRGS em preenchimento parcial dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Porto Alegre

2005

¹ Trabalho parcialmente financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)

Aos meus filhos, Renato e Tamine, que, por tantos dias, foram privados da minha companhia, vendo-me constantemente envolvida com o trabalho. Que, no futuro, eles percebam essa postura de busca pelo conhecimento e de prazer por estudar como um modelo de vida a ser seguido!

AGRADECIMENTOS

Ao meu marido e grande companheiro, Bira, pelo incentivo, apoio, envolvimento, pela paciência e compreensão dedicados durante todo o curso.

À minha família que, de alguma forma, esteve sempre presente, apoiando-me e auxiliando meus filhos para que eu pudesse estudar.

À minha querida amiga Licia, por ter-se engajado nesse projeto, colaborando com críticas e sugestões, testando materiais e ajudando a desenvolver atividades junto aos alunos quando eu não podia estar presente.

Ao Colégio Farroupilha, por ter-me possibilitado a aplicação da proposta de trabalho junto às turmas de oitava série.

Ao Colégio Sévigné, por prontamente modificar horários de diversos colegas, para que fosse possível a realização desse curso.

Às direções e às coordenações dessas duas escolas, pelas demonstrações de reconhecimento ao meu trabalho por meio de solicitações que transcendem os limites da sala de aula.

Ao professor Silvio Luiz de Souza Cunha, por ter abraçado nossas idéias, colaborando para a satisfação que este trabalho nos proporcionou.

À professora Maria Helena Steffani que me mostrou a beleza da Óptica por volta de 1984, durante o curso de Licenciatura em Física, e com quem eu tive o prazer de conviver na realização deste trabalho. Que nós possamos realizar outros tantos estudos daqui para frente!

À professora Eliane Veit, pelo apoio sempre demonstrado e por acreditar que muita coisa pode ser feita para melhorar o ensino de Física.

Ao Instituto de Física da UFRGS, pela iniciativa pioneira de implantação do Mestrado Profissionalizante em Ensino de Física.

Aos meus colegas dos colégios Sévigné e Farroupilha, pelas palavras amigas que sempre tiveram, demonstrando apoio nos momentos em que o cansaço estava quase vencendo.

À amiga Maria Laura, pelo apoio e pelo entusiasmo sempre demonstrados.

Aos colegas do MPEF2002, pelos bons momentos que vivemos mesmo quando as atividades nos pareciam impossíveis.

A todos, muito obrigada.

RESUMO

Este trabalho apresenta uma proposta de atividades desenvolvidas na oitava série do Ensino Fundamental, explorando o tema **Luz e Cores**, a partir de uma abordagem essencialmente conceitual. Considerando as especificidades dessa série quanto ao nível de desenvolvimento cognitivo do aluno e quanto ao que é encontrado sobre a referida série nos Parâmetros Curriculares Nacionais, abordamos o tema escolhido de forma interdisciplinar, possibilitando uma visão integradora das ciências por meio de relações com assuntos, tais como Fotografia e Arte. A possibilidade de adaptação da proposta a outros níveis de ensino, conforme relatamos nas atividades desenvolvidas com alunos da Educação Infantil, da segunda série do Ensino Fundamental e da segunda série do Ensino Médio, além de públicos diversos, como mostramos nas oficinas com profissionais de diferentes áreas de atuação, são fatores relevantes no trabalho.

Buscando facilitar a aplicação da proposta no sentido de garantir material viável, de custo baixo, acessível a todas as escolas e com bons resultados experimentais, apresentamos medidas que realizamos sobre espectros de transmissão de filtros de cor, confeccionados em papel celofane ou impressos em transparências para impressoras jato de tinta, comparando sua qualidade a de filtros obtidos em indústrias especializadas.

ABSTRACT

This work presents a proposal of applied activities in the 8th grade of the Ensino Fundamental, exploring the subject Light and Colors, from an essentially conceptual approach. Considering the characteristics of this grade regarding the student's level of cognitive development and the statements of the Parâmetros Curriculares Nacionais, we approach the chosen subject in an interdisciplinary way in order to establish an integrate view of Science through the relationships with subjects as Photography and Arts. It is important to note that the present proposal can be easily adapted to many other educational levels, as reported in the activities developed with pupils from Elementary School up to High School and also with a diversified public through the workshops by professionals from different areas of performance.

In order to facilitate the application of the proposal in the sense of guaranteeing viable material of low and accessible cost for all schools and with good experimental results, we present and analyze data of transmission spectra of color filters made in cellophane paper or printed in transparencies for jet ink printers, comparing the results with the ones with filters obtained in specialized industries.

SUMÁRIO

RESUMO	
ABSTRACT	
CAPÍTULO I - Introdução	10
CAPÍTULO II – Fundamentação Teórica	17
II.1 Desenvolvimento intelectual e Teorias de aprendizagem	17
II.2 O papel das linguagens, seus códigos e seus significados	21
CAPÍTULO III – Proposta de Trabalho e Metodologia	24
III.1 Objetivos	24
III.2 Metodologia	26
III.3 Descrição das atividades desenvolvidas	28
Atividade 1: Organizador prévio – Um filme sobre óptica	28
Atividade 2: Definindo onda como uma perturbação	29
Atividade 3: O espectro eletromagnético	30
Atividade 4: Princípio da Propagação Retilínea da Luz	33
Atividade 5: A cor na visão do físico e na visão do artista	35
Atividade 6: A câmera escura	37
Atividade 7: Auto-avaliação	42
CAPÍTULO IV – Diversidade de aplicações da proposta	43
IV.1 Educação Infantil (Jardim B)	44
IV.2 Ensino Fundamental (2ª Série)	45
IV.3 Ensino Médio (2ª Série)	48
IV.4 Oficina para crianças de 5 a 8 anos	48
IV.5 Oficina sobre Física e Arte Pontilhista	50

CAPÍTULO V – Investigação experimental de filtros de cor	53
V.1 Confeção de filtros impressos em transparências	53
V.2 Observações feitas, utilizando os filtros impressos em transparências	55
V.3 Medidas de espectro de transmissão de filtros	56
V.3.1 Espectros obtidos para filtros dielétricos	58
V.3.2 Espectros obtidos para filtros impressos em transparências	60
V.3.3 Filtros com as cores primárias de luz em papel celofane	63
V.4 Estudo comparativo dos espectros	64
CAPÍTULO VI – Apresentação dos resultados	68
CAPÍTULO VII – Considerações finais e conclusões	73
REFERÊNCIAS	76
APÊNDICE I	80
APÊNDICE II	98
APÊNDICE III	102

CAPÍTULO I

Introdução

Ao desempenharmos nosso papel de educadores, algumas questões devem nortear nossas ações, se quisermos desenvolver um trabalho que atenda às necessidades impostas pelo mundo atual: Quem é o aluno que temos? Em que mundo ele está inserido? Qual é o papel da escola na formação desse aluno? Qual a finalidade da educação atual?

O aluno de hoje tem todo o tipo de acesso à informação; precisamos explorar essa realidade e levar em conta o quanto o aluno mudou. Essa preocupação vem sendo manifestada também pelos órgãos governamentais no momento em que é estabelecida a Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB), instituída pela Lei nº 9.394 de 20 de dezembro de 1996, cujo artigo 22 prevê que a Educação Básica deve assegurar ao educando, entre outras coisas, a *“formação comum indispensável para o exercício da cidadania”* (SOUZA, 1997, p. 41).

Outra preocupação presente na LDB está em fornecer ao educando *“meios para progredir no trabalho e em estudos posteriores”* (SOUZA, 1997, p. 41). Entendemos que essa questão traz implicações diretas na escolha do currículo que será trabalhado em cada componente curricular. No que trata do estudo de Ciências, especificamente, devemos dar conta do *“conhecimento do mundo físico e natural”* (SOUZA, 1997, p. 40) em que vivemos. Essa abordagem deve ser contemplada nas diferentes séries do Ensino Fundamental, visando atender aos objetivos gerais desse nível de ensino em que se pretende desenvolver no indivíduo a

capacidade de aprender, através do pleno domínio da leitura, da escrita e do cálculo, a compreensão do ambiente natural e social, do sistema político, da tecnologia, das artes e dos valores em que se fundamenta a sociedade, e permitir-lhe a aquisição de conhecimentos e habilidades e a formação de atitudes e valores (SOUZA, 1997, p. 53).

Nesse contexto entende-se que a disciplina de Ciências tem papel importantíssimo na formação do indivíduo como um ser cidadão, responsável, consciente e inserido no seu mundo, sendo parte atuante dele e não, simplesmente, quem o observa de fora. Aspectos essencialmente biológicos que são trabalhados desde as séries iniciais devem ser enriquecidos, preferencialmente ao longo de todas

as séries do Ensino Fundamental, por aspectos físicos e químicos desde que de uma forma contextualizada e próxima da realidade do educando.

O estudo de Ciências nos diferentes níveis de ensino da Educação Básica deve acontecer de modo a formar um indivíduo capaz de discutir e posicionar-se frente a temas polêmicos, presentes no contexto em que vive. Discussões sobre temas como transgênicos, células tronco, congelamento de embriões e clonagem, são exemplos de assuntos presentes nos meios de comunicação e que, muitas vezes, são defendidos ou combatidos, dependendo de posicionamentos e de interesses políticos, particulares, globais ou locais. Então, como o indivíduo vai se posicionar? Adequando a linguagem usada e respeitando o nível de desenvolvimento cognitivo do sujeito, entendemos que a disciplina de Ciências deve, nos seus diferentes níveis, fornecer subsídios que possam desenvolver um cidadão crítico, que tenha habilidade para buscar informações e avaliar as diferentes propostas.

Considerando que a oitava série finaliza um nível de ensino e que uma parcela significativa de estudantes não prosseguirá seus estudos no ensino formal, cabe-nos perguntar: O que deve ser tratado no Ensino Fundamental, em especial na disciplina de Ciências, na oitava série? Qual é o perfil do profissional indicado para assumir essa série? Por que ensinar Física na oitava série?

Essas são perguntas que não têm uma resposta clara e definida. Para Luís Carlos de Menezes, coordenador dos Parâmetros Curriculares Nacionais, o ensino de Ciências no Ensino Fundamental *“deve ser uma combinação de fenômeno à pesquisa, de procura por respostas a questões da vida prática e de formação de base para o Ensino Médio”* (FALZETA, 2003, p. 20).

No entanto, a prática mostra que as escolas privilegiam o papel do ensino de Ciências como base para o Ensino Médio. A visão da maior parte dos professores é a de que o trabalho de Ciências desenvolvido nessa série, deve introduzir conceitos que serão trabalhados posteriormente no Ensino Médio, com a intenção de “aliviar” os currículos de Física e de Química das séries seguintes. Essa idéia fica ainda mais reforçada quando se analisa os livros-texto freqüentemente utilizados na oitava série do Ensino Fundamental. Eles exibem conteúdos calcados em conceitos específicos de Física e de Química sendo que, no que diz respeito à Física, a maior parte deles propõe conteúdos de Mecânica, por meio de uma abordagem acadêmica, pouco articulada com outras áreas do conhecimento, limitando-se ao uso de definições, fórmulas e suas aplicações em listas de exercícios.

Ao adotar livros-texto voltados para a preparação para o Ensino Médio, estamos fechando os olhos para a realidade da educação nacional: conforme pesquisa realizada pelo MEC/INEP, 40,7% da população de estudantes brasileiros não concluiu o Ensino Fundamental no ano de 2000 (BRASIL, 2001). Entendemos, então, que o objetivo do ensino de Ciências na oitava série deve ser a alfabetização científica do aluno, tendo em vista prepará-lo para atuar na sociedade de forma consciente, sendo capaz de buscar informações, processá-las intelectualmente e formar opiniões fundamentadas na razão e no bem social.

A abordagem de conteúdos de Mecânica com alunos de oitava série do Ensino Fundamental também é questionada por autores que apontam problemas que podem advir de uma abordagem que exija um formalismo matemático, ao invés de uma abordagem mais fenomenológica:

... é aí então, que as dificuldades começam a aparecer, levando a maioria dos alunos a considerar a Física como uma disciplina insuportável, quando na verdade, em muitos dos casos, o problema não está na Física em si, mas na ferramenta necessária para a sua melhor compreensão, no caso a Matemática, principalmente (MORETZSOHN, 2003, p.904).

Abordagens dessa natureza podem levar o aluno a não compreender os conceitos trabalhados se não for levado em conta a sua capacidade de abstração para explorá-los. Assim, é competência do professor, ao selecionar os conteúdos abordados nas diferentes faixas etárias, considerar a fase de desenvolvimento cognitivo na qual encontram-se os alunos e as estruturas mentais já existentes que lhes permitirão perceber, explicar e interagir com o seu mundo.

Também é importante ressaltar a necessidade de observarmos o contexto sócio-histórico e cultural em que vive o aluno, evitando que os conteúdos possam ser escolhidos sem preocupação com a sua vivência diária pois, conforme Vygotsky, “o desenvolvimento cognitivo não ocorre independente do contexto social, histórico e cultural” (MOREIRA, 1999, p.109). A partir da interação social do indivíduo com o seu contexto, no sentido apresentado por Vygotsky, é que se dará a aquisição de significados por parte do indivíduo.

Procurando garantir um material didático de qualidade, desde 1997 o Ministério da Educação realiza o Programa Nacional do Livro Didático (PNLD). Por meio desse programa são adquiridas e distribuídas obras cuidadosamente avaliadas para as escolas públicas de Ensino Fundamental. A partir de análise bastante criteriosa de livros didáticos nas diferentes áreas do conhecimento, é publicado o Guia de Livros

Didáticos (BRASIL, 2003). Nele estão presentes os princípios e os critérios gerais e específicos de cada área, além de fichas que orientam a avaliação de cada obra por parte dos especialistas e de resenhas das obras aprovadas pelo PNLD. Desde a sua implantação, o PNLD vem sofrendo modificações. Uma das mais recentes é a avaliação para a coleção como um todo e, não mais, a avaliação pelo volume correspondente a cada série. Dessa forma, a escola que adotar a coleção completa que, em geral, é composta por quatro volumes distribuídos de quinta à oitava série do Ensino Fundamental, terá garantido uma abordagem que contempla a quase totalidade de conteúdos fundamentais a serem trabalhados nessas séries.

Convém ressaltar, entretanto, que o Programa Nacional do Livro Didático atinge apenas as escolas da rede pública de ensino. As escolas particulares sequer recebem em suas bibliotecas o Guia de Livros Didáticos. Isso faz com que, na maioria das vezes, o professor da rede privada fique alheio a uma avaliação mais criteriosa do livro que está adotando. Nessa perspectiva, normalmente, a adoção do livro didático é feita a partir da preferência do professor de cada série, acarretando muitas vezes a escolha de obras diferentes a serem trabalhadas nas referidas séries de ensino sem a preocupação explícita de uma abordagem ampla e seqüencial dos conteúdos essenciais a serem desenvolvidos nesse período de construção e de aquisição de conceitos básicos. A adoção de livros didáticos sem a preocupação com a coleção como um todo pode levar à não-abordagem de certos conceitos por não serem tratados pelo autor do volume escolhido a ser usado unicamente em uma série específica. Isso faz com que os conteúdos se apresentem de forma, aparentemente, desarticulada com o todo da disciplina. Também é importante considerar que, muitas vezes, fatores tais como o número excessivo de alunos, a necessidade de atuar em diversos locais de trabalho e em diferentes séries, podem levar o professor a adotar um determinado livro-texto e, com ele, toda a proposta de trabalho imposta por aquele autor, raramente complementando sua prática pedagógica com atividades contextualizadas para a faixa etária em que está atuando ou para a realidade social dos alunos dos estabelecimentos de ensino em que atua.

Para agravar esse quadro, uma busca, em *sites* dos principais centros de Ensino Superior de Porto Alegre e da Grande Porto Alegre, mostra que a formação do professor para atuação na disciplina de Ciências no Ensino Fundamental pode ser dada, dependendo do centro de ensino, pelo curso de Biologia, ou pelo de Física, ou pelo de Química ou, até mesmo, por um curso de Ciências com habilitação em

Matemática, conforme mostra a TABELA 1.

TABELA 1 - LEVANTAMENTO DE CURSOS OFERECIDOS EM ESTABELECIMENTOS DE ENSINO SUPERIOR

UNIVERSIDADE	ÁREA DE FORMAÇÃO		
	NOME DO CURSO/HABILITAÇÃO		
	BIOLOGIA	FÍSICA	QUÍMICA
PUC	Ciências Biológicas - habilita para Magistério de Ensino Médio	Licenciatura em Física - habilita para Ensino Fundamental e Médio	Licenciatura Plena em Química – habilita para Ensino Médio
ULBRA	Ciências - Biologia - habilita para Ensino Fundamental e Médio	Física - habilita para Ensino Médio	Ciências - Química - habilita para Ensino Fundamental e Médio
UNISINOS	Ciências Biológicas - Licenciatura em Ciências Biológicas	Licenciatura em Física - habilita a lecionar Física no Ensino Médio e Ciências Físicas no Ensino Fundamental	Não oferece o curso
FAPA	Ciências Licenciatura plena - habilitação em Matemática - habilita professores de Ciências para Ensino Fundamental e Matemática para Ensino Fundamental e Médio		
UNILASALLE	Ciências Biológicas - habilita para Ensino Fundamental e Médio	Física - habilita para Ensino Fundamental e Médio	Química - habilita para Ensino Fundamental e Médio
UFRGS	Ciências Biológicas - habilita para Ensino Fundamental e Médio	Física - habilita para Ensino Médio	Química - habilita para Ensino Fundamental e Médio

Na TABELA 1, podemos observar que, dos seis estabelecimentos pesquisados, apenas a UNILASALLE habilita profissionais provenientes dos cursos de Física, Química e Biologia para atuar no Ensino Fundamental. Um outro estabelecimento, a FAPA, não possui curso específico nessas três áreas e, no entanto, faz uso do curso de Ciências com habilitação em Matemática para formar tal profissional. Observa-se também que, na PUC, o curso de Física é o único a fornecer habilitação para atuar no Ensino Fundamental, enquanto que, na ULBRA, é o único a não fornecer a mesma habilitação.

Dentro desse quadro, cabe-nos perguntar: qual o perfil desse profissional, uma vez que a formação pode ser tão distinta de um centro de ensino para outro? As escolas, ao escolherem um professor de Ciências para a oitava série, ou acabam se deparando com um leque de opções muito diversificadas, ou não contam com um professor com esta habilitação específica no seu corpo docente. Algumas escolas

optam por um professor de Física para assumir a série e o resultado pode ser uma ênfase exagerada nos conceitos físicos em detrimento dos demais conteúdos. Outras preferem um profissional com formação em Química que, na prática, poderá dar ênfase aos conceitos químicos, sacrificando os demais conteúdos. Uma terceira situação é a escolha de um professor de Biologia que, provavelmente, durante a sua formação acadêmica, teve pouco contato com as disciplinas de Física e de Química. E o que dizer daqueles profissionais que vêm de um curso de Ciências com ênfase em Matemática, habilitados a lecionar Ciências no Ensino Fundamental? Além disso, há escolas que optam em dividir a carga horária de Ciências em dois blocos, disponibilizando um professor de Física para trabalhar os conteúdos de Física e um professor de Química para trabalhar os conteúdos de Química. Esse procedimento, muitas vezes pode impedir que o aluno tenha uma visão interdisciplinar dos conteúdos trabalhados e passar a idéia, equivocada, de que a oitava série funciona como um curso preparatório para o Ensino Médio.

A discussão da formação profissional do professor de Ciências, entretanto, não é objetivo central dessa dissertação de Mestrado que pretende lançar uma idéia de tema que pode ser trabalhado de forma interdisciplinar na oitava série. Acreditamos que a formação continuada de professores, possibilitada por programas como PROCIEÊNCIAS e Mestrados Profissionalizantes na área de Ensino de Ciências, poderá habilitar profissionais conscientes quanto ao que deva ser estudado na referida série. Essa é uma preocupação também presente no parecer CEB 04/98 da Câmara de Educação Básica do Conselho Nacional de Educação aprovado em 29/01/98 quando afirma que:

... se os Parâmetros Curriculares Nacionais podem funcionar como elemento catalisador de ações, na busca de uma melhoria da qualidade da educação, de modo algum pretendem resolver todos os problemas que afetam a qualidade do ensino e da aprendizagem. A busca da qualidade impõe a necessidade de investimentos em diferentes frentes, como a formação inicial e continuada de professores, uma política de salários dignos e plano de carreira, a qualidade do livro didático, recursos televisivos e de multimídia, a disponibilidade de materiais didáticos (BRASIL, 1997)².

Voltando a outra questão levantada anteriormente, “por que ensinar Física na oitava série?”, cremos estar parcialmente respondida na primeira edição da revista *A Física na Escola*, em que o professor Marcelo Gleiser, autor de livros de divulgação científica e colunista da Folha de São Paulo, apresenta suas reflexões em artigo intitulado *Por que ensinar Física?* Ele aponta “razões de ordem metafísica, de

² Disponível no endereço eletrônico do Ministério da Educação e do Desporto em março de 2004.

integração com a natureza, de cidadania e de paixão pela descoberta” (GLEISER, 2000, p. 4). Acreditamos que essas razões possam e devam fazer parte do cotidiano do aluno desde suas primeiras séries no Ensino Fundamental ou mesmo na Educação Infantil. Mais paixão no ensino de Ciências também é preconizado pelo prof. Menezes em sua entrevista na *Nova Escola*, anteriormente citada.

Tendo presente a realidade vivida pelas escolas, bem como as preocupações apresentadas anteriormente e as questões levantadas nessa introdução, pretendemos apresentar uma proposta de conteúdo de Ciências a ser abordado na oitava série do Ensino Fundamental. No planejamento anual da disciplina de Ciências na escola onde foi aplicada essa proposta, consta o estudo da luz que, na maioria das vezes, é tratada apenas como mais uma forma de manifestação da energia por meio de uma abordagem essencialmente *“informativa, sem estabelecer relações com outras áreas do conhecimento”* (STAHL, 1997, p. 144). Assim, elegemos o tema **Luz e Cores** como um tema centralizador, tendo como objetivo básico a construção de um currículo que, a partir deste tema, vise explorar algumas de suas implicações nas áreas de Física, Química, Educação Artística e Biologia por meio de uma abordagem interdisciplinar dos conteúdos. Escolhemos o tema citado por julgar que ele possibilita uma abordagem diferenciada, capaz de dar aos alunos uma visão integradora da Ciência e de auxiliar no desenvolvimento de um trabalho que possa despertar o deslumbramento e, se possível, o gosto e o prazer de estudar Ciências.

A aplicação dessa proposta tem como alicerces básicos algumas teorias de aprendizagem como as de Bruner, Vygotsky, Vernaud e Ausubel e a teoria de desenvolvimento cognitivo de Piaget, que serão brevemente discutidas no capítulo seguinte.

No CAPÍTULO III apresentaremos a nossa proposta de trabalho e a metodologia utilizada na sua aplicação.

CAPÍTULO II

Fundamentação Teórica

Uma preocupação presente durante o planejamento das atividades foi quanto ao público-alvo do nosso trabalho: a aplicação desta proposta de Mestrado se deu em alunos de oitava série do Ensino Fundamental, série essa que finaliza uma etapa da vida escolar do indivíduo. Dos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Fundamental, destacamos:

Os objetivos de Ciências Naturais ... são concebidos para que o aluno desenvolva competências que lhe permitam compreender o mundo e atuar como indivíduo e como cidadão, utilizando conhecimentos de natureza científica e tecnológica (BRASIL, 1997, p. 39).

Mas, para que o ensino de Ciências contribua significativamente na formação da cultura científica de nossos alunos, permitindo-lhes uma leitura crítica do seu mundo, é fundamental que se leve em conta o seu desenvolvimento intelectual e a natureza contemporânea do mundo que os cerca, caracterizada hoje por rápidas mudanças. Esses aspectos serão brevemente discutidos nas duas seções seguintes.

II.1 Desenvolvimento intelectual e Teorias de aprendizagem

Ao contrário de uma visão comportamentalista presente no início do século XX - que predominou especialmente nas décadas de sessenta e setenta na elaboração de atividades e materiais didáticos - atualmente vivemos um período em que se faz presente a preocupação sobre como ocorre a aprendizagem nas diferentes etapas de crescimento do indivíduo. Considerações quanto ao nível de desenvolvimento cognitivo dos alunos e às formas de representação que fazem do mundo que os cerca são elementos relevantes numa visão de mundo cognitivista.

Nessa seção, estaremos apresentando alguns tópicos principais trazidos por autores cognitivistas que julgamos importantes para fundamentar nossa proposta de

trabalho. Para iniciar, optamos pelas idéias de Jerome Bruner que considera ser possível ensinar qualquer assunto a qualquer criança desde que seja de uma “*maneira honesta*” (BRUNER, Jerome, apud MOREIRA, 1999, p. 81) o que entendemos por adaptar o objeto de estudo ao seu estágio de desenvolvimento, possibilitando - sempre que possível - uma revisita a conteúdos já abordados para posterior aprofundamento dos mesmos.

A questão básica relativa ao desenvolvimento intelectual, segundo Jerome Bruner, está na representação que o indivíduo faz do mundo. Essa representação se dá por meio de três formas:

A.Representação ativa: (período entre a aquisição da linguagem e idade pré- escolar) o interesse da criança consiste em manipular o mundo por meio da ação.

B.Representação icônica: (período em que a criança está na fase inicial da vida escolar, é um estágio operacional concreto) regida por princípios de organização perceptiva e pelas transformações econômicas dessa organização.

C.Representação simbólica: (período das operações formais) a criança já apresenta capacidade de operar com proposições hipotéticas. É possível a manipulação de variáveis e a dedução de relações que, posteriormente, poderão ser observadas em experimentos. (MOREIRA, 1999, p. 83-84)

Sendo fundamental o papel da representação que o indivíduo faz do mundo, para Bruner, o seu crescimento pode ser percebido pelo poder que ele apresenta de representar esse mundo, a sua realidade e a sua cultura. Tal poder é desenvolvido por meio da “*reciprocidade social*” ou da aprendizagem com os outros (DOOL JR, 1997, p. 135).

Esse aspecto da importância da interação social também é apontado nas reflexões de Lev Vygotsky que considera importante ressaltar a necessidade de observarmos o contexto sócio-histórico e cultural em que vive o aluno. Para ele, “*o desenvolvimento cognitivo não ocorre independente do contexto social, histórico e cultural*” (MOREIRA, 1999, p. 109). É a partir da *interação social* do indivíduo com o seu contexto, no sentido apresentado por Vygotsky, que se dará a aquisição de significados por parte do indivíduo. “*Ao mesmo tempo em que o ser humano transforma o seu meio para atender suas necessidades básicas, transforma-se a si mesmo*” (REGO, 1996, p. 41). Mas, como se dá a interação entre o indivíduo e o meio? Para Vygotsky, isto ocorre através da linguagem, ou seja, através de um conjunto de instrumentos e de signos construídos historicamente. Essa questão da linguagem, no que diz respeito à área científica, é objeto de discussão na seção seguinte.

Contribuição importante também encontramos em Piaget, no momento em que precisamos considerar a faixa etária na qual se encontram os alunos. Segundo ele, *“assim como há fases para o desenvolvimento do organismo, também há fases para o conhecimento da realidade que cerca a pessoa”* (STRECK, 1994, p. 86). Essas fases são determinadas pelas estruturas mentais que o indivíduo desenvolve durante seu crescimento, permitindo-lhe perceber o mundo, explicá-lo e construí-lo com relativa coerência e sentido a partir da multiplicidade de estímulos e de experiências vividas diariamente. Assim, é primordial que respeitemos o estágio de desenvolvimento cognitivo no qual se encontra o educando. Para Piaget, *“esses estágios ocorrem numa seqüência fixa para todas as crianças”*; no entanto, a passagem de um estágio ao outro pode ocorrer em idades variadas, dependendo de fatores biológicos, educativos e da interação entre eles.

Outro aspecto, que consideramos relevante e que nos remete novamente à Vygotsky, é quanto à formação de conceitos. Na sua perspectiva, *“os conceitos são entendidos como um sistema de relações e generalizações contidos nas palavras e determinado por um processo histórico cultural”* (REGO, 1996, p. 76):

... o desenvolvimento dos processos que finalmente resultam na formação de conceitos, começa na fase mais precoce da infância, mas as funções intelectuais que, numa combinação específica, formam a base psicológica do processo de formação de conceitos amadurece, se configura e se desenvolve somente na puberdade (VYGOTSKY, 1987, p. 50).

Ainda nos cabe ressaltar a importância da integração das diferentes áreas do saber e, para isso, buscamos uma abordagem interdisciplinar sobre o tema **Luz e Cores** como superação da fragmentação do conhecimento. *“É muito comum encontrarmos nas escolas propostas curriculares anacrônicas, desarticuladas”* (VASCONCELLOS, 1995, p. 62). Esse procedimento, via de regra, não leva o aluno a uma aprendizagem efetiva, significativa. Assim, *“a necessidade de romper com a tendência fragmentadora e desarticulada do processo do conhecimento”* (SIQUEIRA, 1995) justifica a abordagem que utilizamos no desenvolvimento de nossa proposta, trazendo implicações de conceitos físicos em outras áreas como, por exemplo, nas Artes.

A aplicação da proposta teve como alvo alunos que estão no período de representação simbólica, concluindo o Ensino Fundamental. Precisamos considerar que grande parte da sua vida escolar deu ênfase aos fenômenos biológicos e que todo um vocabulário ou um conjunto de signos relativos a tais fenômenos já são dominados. Observando particularmente a escola onde ocorreu a aplicação da

proposta, também devemos considerar que alguns conceitos físicos já vêm sendo abordados desde as séries iniciais e, em especial, nas sétima e oitava séries, pelos trabalhos desenvolvidos no Laboratório de Ensino de Física. Segundo Ausubel, para que ocorra a aprendizagem significativa, conceito central na sua teoria, é fundamental que se leve em conta *“aquilo que o aluno já sabe”* (MOREIRA, 1999, p. 152), possibilitando, assim, que novos conceitos sejam ancorados aos já existentes na sua estrutura cognitiva. Assim, contatos iniciais com fenômenos físicos e químicos se dão, guardadas as proporções, como se o aluno estivesse desenvolvendo a aquisição da linguagem. É a aquisição de todo um conjunto de termos próprios de novos conteúdos sobre os quais ele deverá compreender os significados cientificamente aceitos e compartilhá-los socialmente com os que estão envolvidos nesse processo. A construção dessa linguagem vai permitir a construção de uma representação simbólica da realidade por parte do aluno.

Para se trabalhar Ciências nessa forma, os conceitos físicos e químicos abordados não precisam e nem devem ser formalizados já no primeiro contato do aprendiz com o conteúdo, e nem tampouco, precisamos neste nível, fazer ciência sobrecarregando-a de fórmulas matemáticas, o que poderia desestimular o aluno para o estudo dessas áreas por acreditar que *“a ciência, ao matematizar o mundo, tira a sua beleza”* (GLEISER, 2000, p. 5). Precisamos ter sempre a clareza de que o aluno está, na maior parte das vezes, ingressando em um campo conceitual que, segundo Gérard Vergnaud, *“é um conjunto informal e heterogêneo de problemas, situações, conceitos, relações, estruturas, conteúdos, operações de pensamento, conectados uns aos outros”* (MOREIRA³, 2003, p.1).

A complexidade dos campos conceituais trabalhados durante a vida escolar do aluno mostra que o efetivo domínio de um campo conceitual se dá por meio de um processo lento de construção do conhecimento por parte do indivíduo. Assim, o trabalho com a Física deve ser desenvolvido ao longo da vida escolar do aluno e, especialmente no Ensino Fundamental, de uma forma descentralizada dos amontoados de equações, símbolos e conceitos sem sentido, focalizando o processo na alfabetização científica e no trabalho com modelos que descrevem a natureza que nos cerca, os quais incluem o desenvolvimento de habilidades matemáticas.

³ MOREIRA, M. A. *O construtivismo de Vergnaud*. 2003. (Não publicado)

II. 2 O papel das linguagens, seus códigos e seus significados

Como a Física se apresenta para a maior parte dos alunos? E também para a maioria das pessoas que tiveram um pequeno contato com a Física, somente nos tempos de escola? Com certeza, grande parte pensa a Física como um amontoado de fórmulas matemáticas que foram “decoradas para as provas” e que já não fazem o menor sentido na sua vida. Alguns poucos, entretanto, são cativados pela aplicação dessas fórmulas a problemas acadêmicos ou do cotidiano; os que se dedicarem ao estudo das Ciências Exatas, certamente, vão se deslumbrar com as equações de Maxwell nas suas diferentes formas de apresentação,

Forma diferencial

$$\nabla \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$$

$$\nabla \cdot \vec{B} = 0$$

$$\nabla \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

$$\nabla \times \vec{B} = \mu_0 \vec{J} + \epsilon_0 \mu_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$$

Forma integral

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{q}{\epsilon_0}$$

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0$$

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{s} = -\frac{d\Phi_B}{dt}$$

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \epsilon_0 \mu_0 \frac{d\Phi_E}{dt} + \mu_0 i$$

que descrevem matematicamente os fenômenos elétricos e magnéticos e que, desde então, auxiliam projetistas de antenas e estudiosos da Teoria da Relatividade ou do movimento de protuberâncias na atmosfera solar. Dando continuidade ao trabalho de Maxwell (1831 - 1879), Hertz (1857 - 1894) conseguiu produzir e captar ondas eletromagnéticas, construindo os alicerces da radiodifusão moderna.

Assim, parafraseando Renita Klüsener em Ler e escrever: compromisso de todas as áreas, “a simples palavra FÍSICA é capaz de desencadear em nós sentimentos dos mais contraditórios, desde o arrepio de horror até o mais franco entusiasmo” (NEVES et al, 1999, p.175).

A visão de aprender Física como um jogo de símbolos de aplicabilidade restrita às provas na escola não condiz mais com o aluno de hoje. A figura do balde vazio, que perdurou por algum tempo dentro da ciência, considerando o cérebro humano como uma mente *não-pensante e não criativa* e apenas como um lugar possível para que se depositassem informações, não tem mais sentido. Tal observação remete-nos novamente aos Parâmetros Curriculares Nacionais:

... o ensino de Física deve contribuir para a formação de uma cultura científica efetiva, que permita ao indivíduo a interpretação dos fatos, fenômenos e processos naturais, situando e dimensionando a interação do ser humano com a natureza como parte da própria natureza em transformação (BRASIL, 1997, p.22).

Entendemos que isso é um processo e, como tal, deve iniciar já nas séries iniciais do Ensino Fundamental, no estudo de Ciências, e culminar no Ensino Médio, com a formalização de conceitos.

Vygotsky aponta a linguagem como o fator importante na relação do indivíduo com o meio. Para ele, a linguagem tem um papel de destaque no processo de pensamentos, representando a sua conquista, um marco no desenvolvimento do homem. Nessa perspectiva, o professor é o mediador que se caracteriza por já haver internalizado os significados aceitos no contexto da matéria de ensino. Cabe a ele expor os significados socialmente aceitos e, ao aluno, verificar se captou os significados expostos pelo professor. A aprendizagem ou, *“na ótica de Vygotsky, o desenvolvimento cognitivo”* (MOREIRA, 1999, p. 121), ocorre quando ambos, a partir da interação social, compartilham o mesmo significado sobre o contexto da matéria de ensino. O professor é o elemento possibilitador das interações entre os alunos e dos alunos com os objetos de conhecimento. Sua função é de extrema importância sendo ele, não o único, mas um dos grandes responsáveis por intervenções na *“zona de desenvolvimento proximal”* em função de possuir maior experiência. Para Vygotsky, o ideal é que a aprendizagem da criança ocorra dentro da zona de desenvolvimento proximal que ele define como sendo *“a distância entre aquilo que ela é capaz de fazer de forma autônoma (nível de desenvolvimento real) e aquilo que ela realiza em colaboração com outros elementos do seu grupo social”* (REGO, 1996, p. 73). Assim, o professor é uma das pessoas que tem maior experiência e capacidade para tornar acessível uma gama de informações que fazem parte de todo um patrimônio cultural.

Acreditamos que o prazer por estudar Física deve ser cultivado desde as séries

iniciais e, neste contexto, a oitava série do Ensino Fundamental é um momento crucial para que se inicie uma formalização de conceitos sem que se passe a imagem da Física como apenas um conjunto de fórmulas e de equações. É o momento de mostrar que a Física nos ajuda a compreender o mundo no qual estamos inseridos, e que aprender Física é também aprender uma nova linguagem. A Física, como toda construção do conhecimento humano, é uma ciência que se desenvolve de forma dinâmica. Os conceitos não estão prontos e acabados, estão constantemente sendo reformulados, ampliados, substituídos ou restringidos no seu espectro de validação. Para César Lopes e Elaine Dulac, *“a constituição das ciências naturais e de seus conceitos pode também ser entendida como uma construção semântica, sustentado-se no significado compartilhado de determinadas palavras”* (NEVES et al, 1999, p. 38).

Assim como aprender a língua portuguesa ou uma língua estrangeira nos permite construir uma forma de comunicação, aprender a Física é construir uma forma de linguagem para compreendermos o mundo e as coisas que nos cercam. Dentro desta perspectiva, é importante o uso correto de termos científicos. O trabalho deve encaminhar a criança a construir um vocabulário para, sempre que solicitada, utilizá-lo corretamente.

Pensamos que a função da Ciência a ser trabalhada nos ambientes escolares seja, antes de tudo, a da alfabetização científica. Preocupação com o uso da linguagem científica vem sendo evidenciada em trabalhos publicados em revistas no ensino de Ciências. Segundo *Mortimer et al*:

... a linguagem científica tem características próprias que a distinguem da linguagem comum... Essas características, muitas vezes, tornam a linguagem científica estranha e difícil para os alunos. Reconhecer essas diferenças implica em admitir que a aprendizagem da ciência é inseparável da aprendizagem da linguagem científica (MORTIMER, 1998).

Para tal, é importante explorarmos as diversas formas de manifestação dessa linguagem via tabelas, representações gráficas, textos, fórmulas e símbolos específicos. Saber “ler”, dentro dessa perspectiva, é desenvolver a capacidade de manipular com destreza, criatividade e naturalidade, as diversas formas de expressão da Ciência.

CAPÍTULO III

Proposta de Trabalho e Metodologia

É possível ensinar qualquer assunto, de uma maneira honesta, a qualquer criança em qualquer estágio de desenvolvimento.

(BRUNER, Jerome, apud MOREIRA, 1999, p. 81)

A citação acima representa o principal referencial teórico adotado para fundamentar a nossa proposta de trabalho. Jerome Bruner tem como uma de suas grandes bandeiras a idéia do currículo em espiral, ou seja, a idéia de, constantemente, ser possibilitada uma revisita a conteúdos já abordados em momentos anteriores da vida escolar do educando, procurando fazer uma tradução dos mesmos e da linguagem usada para a “maneira de ver as coisas” do aluno. Dentro dessa ótica, William Doll Jr. lembra que

Bruner não vê os professores ensinando os formalismos da Física Quântica aos alunos da primeira série; mas ele realmente vê os professores das primeiras séries introduzindo noções de limites mutantes e padrões irregulares (talvez inclusive indeterminados) em seus diálogos com os alunos (DOLL JR. 1997, p. 140).

Considerando que as estratégias de trabalho devem levar em conta a etapa de desenvolvimento cognitivo do aluno, nossa proposta explora os aspectos conceituais envolvidos no estudo do comportamento da luz sem, necessariamente, enfatizar uma abordagem matemática.

III. 1 Objetivos

Ao traçar os objetivos para esse trabalho, buscamos atender à visão do estudo de Ciências apresentada nos Parâmetros Curriculares Nacionais, bem como considerar o que prevê a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional quando trata dos Princípios e Fins da Educação Nacional. No primeiro documento,

... os objetivos de Ciências Naturais no ensino fundamental são concebidos para que o aluno desenvolva competências que lhe permitam compreender o

mundo e atuar como indivíduo e como cidadão, utilizando conhecimentos de natureza científica e tecnológica (BRASIL, 1997, p. 39).

O segundo explicita que

A educação, dever da família e do Estado, inspirada nos princípios de liberdade e nos ideais de solidariedade humana, tem por finalidade o pleno desenvolvimento do educando, seu preparo para o exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho (SOUZA, 1997, p. 9).

Para atender a essas prerrogativas, temos como principal objetivo:

- trabalhar uma abordagem interdisciplinar com o tema *Luz e Cores* como um conteúdo de Ciências para a oitava série do Ensino Fundamental, *“trazendo à tona problemas de nomenclatura e questões conceituais”* (WOOLF, 1999), propondo atividades experimentais para que se possa abrir um leque de possibilidades de trabalho na referida série (STAHL, 1997; DALE, 2003).

Para dar início a uma formação de conceitos que, posteriormente, poderão ser “revisitados” e aprofundados conforme a faixa etária e o desenvolvimento do aluno, nossa proposta de atividades pretende levar o aluno a discutir e experimentar situações que permeiam o tema central, tais como:

- O que torna um objeto visível?
- O que é a cor de um objeto?
- Por que vemos os objetos coloridos?
- Que relação existe entre o funcionamento de uma máquina fotográfica e a Física?
- Que conceitos químicos estão envolvidos nesse contexto?
- Que diferenças existem entre a cor na visão dos físicos (cor-luz) e a cor na visão dos artistas (cor-pigmento)?
- Que implicações o estudo sobre **Luz e Cores** terá, quando examinados sob a perspectiva dos artistas? Ou dos químicos? Ou dos biólogos?

A abordagem dos itens listados ocorre a partir de uma proposta de trabalho interdisciplinar, utilizando os laboratórios de Ciências e a oficina de Artes Visuais da escola onde o projeto foi aplicado. O desenvolvimento de nossas atividades fundamenta-se na idéia de que *“tanto os cientistas como os artistas buscam as conexões da natureza que sempre ali estiveram, mas que ainda não foram unidas em nosso pensamento”* (HEWITT, 2002, p. 539). Para isso, foram elaboradas atividades teórico-práticas em que o aluno vivencia e discute fenômenos associados à luz e suas

implicações nas demais áreas do conhecimento. Desenvolvemos os trabalhos, explorando os conceitos envolvidos no funcionamento de instrumentos ópticos, em especial na máquina fotográfica, procurando discutir todos os processos incluídos na obtenção da fotografia. O material didático utilizado contempla os seguintes tópicos:

- O espectro eletromagnético – abordagem teórica;
- O espectro da luz visível – abordagem teórico-prática;
- Processos luminosos na máquina fotográfica (GREF, 1991) – abordagem teórico-prática;
- A obtenção da fotografia – abordagem teórico-prática;
- A cor dos objetos fotografados – abordagem teórico-prática;
- Cor-luz e cor-pigmento (PEDROSA, 2003) – abordagem teórico-prática.

A fim de atender ao objetivo desse trabalho, a elaboração do material didático utilizado aponta caminhos que poderão ser seguidos, estabelecendo assim, uma gama de conteúdos e de atividades passíveis de serem incluídos na oitava série do Ensino Fundamental. Alguns destes tópicos estão listados na seqüência:

- Transparência e opacidade – abordagem teórica;
- Estudo sobre pigmentos e a cromatografia – abordagem prática;
- A luz e a fotossíntese – abordagem teórica;
- Atividades extraclasse como visitas orientadas a museus e a exposições.

III. 2 Metodologia

O Colégio Farroupilha é uma escola da rede privada de ensino do Rio Grande do Sul e tem como mantenedora a Associação Beneficente e Educacional (ABE) de 1858. Acreditando que a preservação da cultura alemã se daria por meio de um trabalho sistemático com a juventude, em 1º de março de 1886, a escola da ABE abre suas portas próximo à Igreja Evangélica Luterana, em Porto Alegre. Em 1950, passou a chamar-se de Colégio Farroupilha e, desde 1962, sua sede está localizada no Bairro Três Figueiras. Como meta a ser cumprida, o Colégio Farroupilha se propõe a

... formar cidadãos úteis à Pátria, generosos, de espírito aberto e dispostos a enriquecer a cultura rio-grandense e brasileira. A Escola, desejando ser fiel depositária deste legado, dedica-se zelosamente a criar o espírito de família, a despertar o amor pelo trabalho e pela disciplina, a incentivar o apreço pela saúde física, a cobrar o respeito pelo patrimônio material, a professar a livre confissão religiosa, a fomentar a convivência respeitosa, a estimular iniciativas

que preservam o patrimônio comum da natureza, cultivando a excelência no ensino e na educação (MARCO, 1996, p. 8).

Dentro da sua visão de Educação, a Escola valoriza “o uso de técnicas inovadoras procurando tornar os processos de ensino e aprendizagem cada vez mais atraentes, evitando o formalismo, o academicismo e o conteudismo” (MARCO, 1996, p. 11). A escola atende cerca de três mil alunos em diferentes segmentos: Berçário, Educação Infantil, Ensino Fundamental, Ensino Médio e Escola de Instrução Militar. Sua estrutura de funcionamento conta com Laboratórios de Ensino de Física, Química, Biologia, Matemática e Redação Científica e oficina de Artes Visuais que atendem, regularmente, alunos de sétima e oitava séries. Trabalhando nessa perspectiva de formação de seus estudantes, as turmas das referidas séries têm acrescentado na sua grade curricular, atividades de laboratório, uma vez por semana, durante o turno inverso, contemplando duas disciplinas. O trabalho é desenvolvido com a turma dividida em dois grupos, por ordem alfabética, ocupando quatro períodos com aula. Enquanto um dos grupos está realizando a aula de uma das disciplinas, por exemplo, no laboratório de Física, com duração de dois períodos, o outro grupo está com atividade em outro laboratório que pode ser, por exemplo, Redação Científica. Após o recreio, os grupos se invertem nos laboratórios desenvolvidos naquela tarde. Na semana seguinte, as turmas retornam para cursarem outras duas disciplinas, conforme cronograma distribuído aos alunos no início de cada semestre.

Nossa proposta de trabalho foi aplicada em sete turmas de oitava série do Ensino Fundamental da referida escola, durante os meses de outubro e novembro de 2003. A aplicação das atividades propostas ocorreu nos períodos de Ciências e/ou no turno inverso, quando as turmas estavam em atividades nos Laboratórios de Ensino, como descrevemos acima.

Visando abordar o tema escolhido de forma essencialmente conceitual, explorando a riqueza dos aspectos visuais que o tema propicia, utilizamos como metodologia de trabalho o que está especificado a seguir.

- Desenvolver atividades diversificadas em sala de aula (com material para demonstração e uso de aula expositiva) para apresentar o conteúdo;
- Desenvolver atividades no Laboratório de Ensino de Física para realizar experimentos envolvendo o tema trabalhado;
- Fazer registros, por escrito ou por meio de desenhos, para verificar a aprendizagem do grupo;

- Propor aos alunos uma avaliação da proposta de trabalho e também a sua auto-avaliação quanto à aprendizagem individual e coletiva.

As aulas desenvolvidas foram encaminhadas aos alunos via roteiros, apresentando o objetivo de cada atividade e os procedimentos a serem seguidos para a exploração dos experimentos. Tais roteiros permitem a organização dos registros dos alunos quanto às observações feitas a partir de atividades (demonstrativas ou não) e quanto às discussões encaminhadas em cada momento. O conjunto de roteiros elaborados está apresentado no APÊNDICE 1, constituindo o volume 16 da série Texto de Apoio ao Professor de Física, publicado pelo Instituto de Física da UFRGS. Também está disponível no CD que compõe a série Hipermídia de Apoio ao Professor de Física.

Procuramos, durante a aplicação do trabalho, utilizar equipamentos didáticos (projetores de *slides* e retroprojetores) que podem ser encontrados com facilidade em qualquer estabelecimento de ensino. Usamos, em muitas situações, transparências com figuras, tanto para facilitar as discussões, quanto para fazerem parte de experimentos propostos durante os trabalhos. Os procedimentos empregados em cada atividade estão descritos na seqüência desse capítulo.

III. 3 Descrição das atividades desenvolvidas

Atividade 1: Organizador prévio - Um filme sobre óptica

A aplicação dessa proposta de Mestrado Profissionalizante em Ensino de Física iniciou com a projeção do filme *De olho aberto: fenômenos da óptica geométrica*, produzido pelo Instituto de Física da Universidade de São Paulo. O filme, atuando como um organizador prévio segundo Ausubel, teve a função de ativar conhecimentos anteriores já possuídos pelo grupo de alunos, destacando sua estrutura cognitiva para que novos conhecimentos venham a ser agregados, enriquecendo a estrutura preexistente, uma vez que diversas atividades sobre fenômenos luminosos foram desenvolvidas anteriormente, no Laboratório de Ensino de Física da escola.

O filme tem início com a apresentação dos Princípios da Óptica Geométrica, dando maior ênfase ao Princípio da Propagação Retilínea da Luz. Na seqüência, são exploradas situações que envolvem os fenômenos da reflexão e da refração da luz,

aplicando-os em situações do dia-a-dia. Para concluir, é feito um convite para que se perceba a luz de uma outra maneira, apontando para que sejam trabalhados fenômenos ondulatórios, tais como difração e interferência. Assim, o filme serviu, num primeiro momento, para resgatar e contextualizar os conhecimentos sobre a óptica geométrica que, posteriormente, seriam aplicados para compreender o processo de formação da imagem em uma câmera fotográfica. Num segundo momento, despertou para uma outra abordagem possível sobre o estudo dos fenômenos luminosos, o que terá implicações relevantes no trabalho interdisciplinar proposto sobre o tema **Luz e Cores** nas áreas da Física e da Arte. Ao finalizar a apresentação do filme, foi encaminhada a solicitação da construção de um modelo de câmera fotográfica feita com uma lata para ser utilizada em atividade na forma de oficina de fotografia, desenvolvida em turno inverso, no final da aplicação dessa proposta.

Atividade 2: Definindo onda como uma perturbação

A atividade desenvolvida nesse momento esteve voltada a resgatar a provocação feita no final do filme utilizado como organizador prévio, em que foi indicada uma abordagem sobre o caráter ondulatório da luz.

A fim de mostrar experimentalmente o que é uma onda e alguns fenômenos ondulatórios, em especial o fenômeno da difração, utilizamos uma bandeja acrílica transparente, contendo água e sendo apoiada sobre um retroprojektor. Com um objeto pontiagudo, provocamos pequenas perturbações na superfície da água. Observando a projeção na parede, definimos a perturbação produzida na superfície da água como sendo uma *onda*. Visando mostrar que esta onda não transporta matéria, colocamos a flutuar na água um pequeno objeto feito com massa de modelar. Observando a imagem projetada, o aluno percebeu que a onda não transportou matéria, uma vez que o objeto não entrou em movimento em relação às paredes da bandeja.

Com o auxílio de dois pedaços de madeira, que servem como obstáculos, construímos uma fenda de largura variável. Utilizando uma régua, produzimos perturbações na superfície da água, para observar o fenômeno da difração. Para isso, durante as discussões, aproximamos os obstáculos, reduzindo a largura da fenda até que o fenômeno da difração se tornasse mais evidente. Retomando uma informação apresentada no início do roteiro de atividades, apontamos para o fato de que, se a luz

apresentar um caráter ondulatório, ela também deverá sofrer o fenômeno da difração. A seguir, em atividades demonstrativas, utilizando uma fonte de luz *laser* e uma fenda de largura variável, mostramos a figura de difração da luz. Antes, porém, foi feita uma discussão no grande grupo para que os alunos levantassem hipóteses sobre o que poderia ser percebido durante as demonstrações. Depois de realizada esta demonstração, encaminhamos os comentários finais sobre o que foi observado, definindo a luz como uma onda de natureza eletromagnética.

Atividade 3: O espectro eletromagnético

Retomando a definição de luz como uma onda, abordada na segunda aula, iniciamos a atividade com a projeção de uma transparência relativa ao espectro eletromagnético, constante do roteiro da aula, FIGURA 1. Observando a projeção da figura, apresentamos o espectro eletromagnético como uma forma de organizar e apresentar as diferentes radiações eletromagnéticas conhecidas.

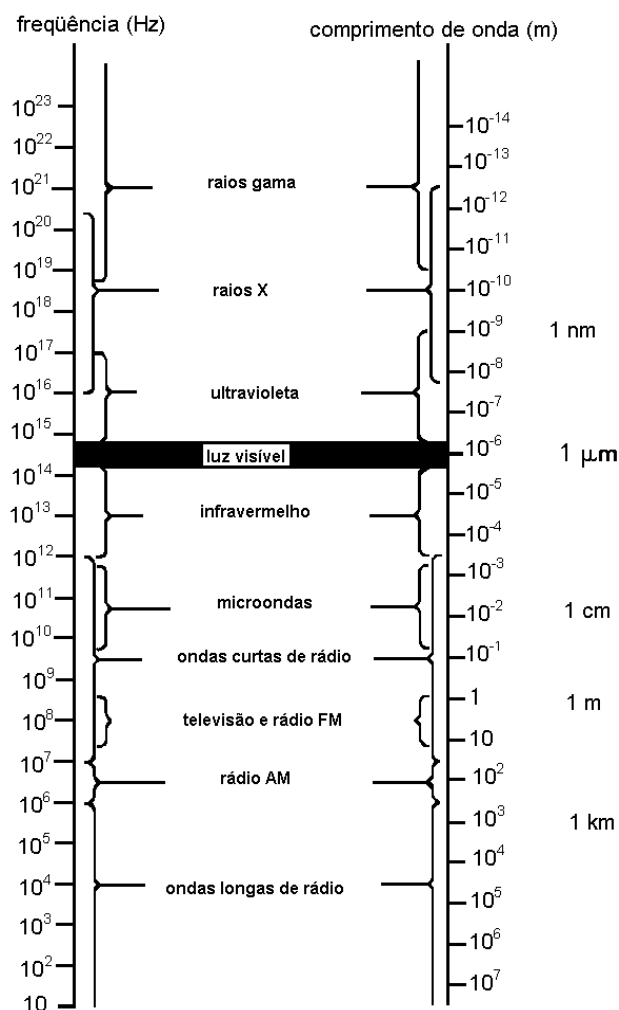


FIGURA 1: O ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO

A partir da análise mais atenta da FIGURA 1, os alunos perceberam existir uma relação inversa entre a frequência da radiação e o respectivo comprimento de onda. Nesse momento, foram levantadas aplicações em situações do cotidiano, de algumas formas de radiação apresentadas no espectro, além de chamarmos atenção para o fato de que, independentemente da faixa de radiação eletromagnética considerada, todas elas possuem, em comum, a mesma velocidade de propagação da onda.

O encaminhamento das discussões visou chamar a atenção de que apenas uma pequena faixa do espectro eletromagnético pode ser percebida através da visão. Essa faixa, chamada de luz visível, contém as cores do arco-íris. A observação de um pôster com a figura do espectro eletromagnético, representado a partir do

comprimento de onda de cada tipo de radiação, permite que o aluno perceba que a luz que apresenta menor comprimento de onda é a violeta, enquanto que o maior comprimento de onda visível é percebido pelo olho humano como luz vermelha. A partir dessas constatações, os alunos completaram a FIGURA 2, identificando a seqüência das cores no espectro da luz visível.

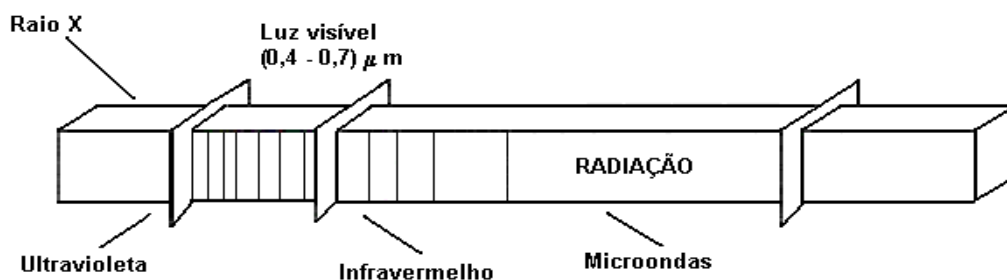


FIGURA 2 – ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO DA LUZ VISÍVEL

A última atividade desenvolvida nessa aula visou uma discussão sobre a cor dos objetos. Para isso, foram utilizados um retroprojetor, uma transparência com uma figura de flores e folhas (FIGURA 3) sobreposta a filtros, também impressos em transparências, em azul, verde, vermelho, amarelo, ciano e magenta. (No CAPÍTULO V apresentamos os resultados das medidas da intensidade da luz transmitida por esses filtros, realizadas no laboratório de LASER do Instituto de Física da UFRGS).



FIGURA 3 – TRANSPARÊNCIA COM FLORES E FOLHAS

No momento inicial, o grupo não conhecia as cores da imagem impressa na FIGURA 3. A mesma foi, então, observada sempre sobreposta a um filtro colorido. Para cada filtro, os alunos foram questionados quanto às cores percebidas para as flores e as folhas. A atividade permite perceber que as folhas e as flores aparecem com diferentes cores cada vez que o filtro é substituído. No CAPÍTULO V, a TABELA 3 apresenta um quadro resumo das percepções das cores da FIGURA 3 a partir da utilização dos filtros mencionados acima.

Finalizando a atividade, foi feito um questionamento sobre o que teríamos que fazer para que soubéssemos exatamente quais as cores da figura observada. O desenvolvimento da atividade permite que o aluno perceba que a cor de um objeto depende da cor da luz que o ilumina e que, quando este é iluminado por luz branca, podemos identificar as cores utilizadas na impressão da figura.

Atividade 4: Princípio da Propagação Retilínea da Luz

As atividades desenvolvidas nessa aula foram organizadas para explorar o Princípio da Propagação Retilínea da Luz, visando dar suporte teórico para posterior compreensão sobre a formação da imagem de um objeto em uma câmara escura. Para isso, iniciamos o trabalho com uma atividade experimental: três cartões colocados na posição vertical, cada um com um orifício central, paralelamente alinhados, mantendo uma distância aproximada de 10cm entre eles; uma vela acesa é colocada próxima a eles, como indicado na FIGURA 4.

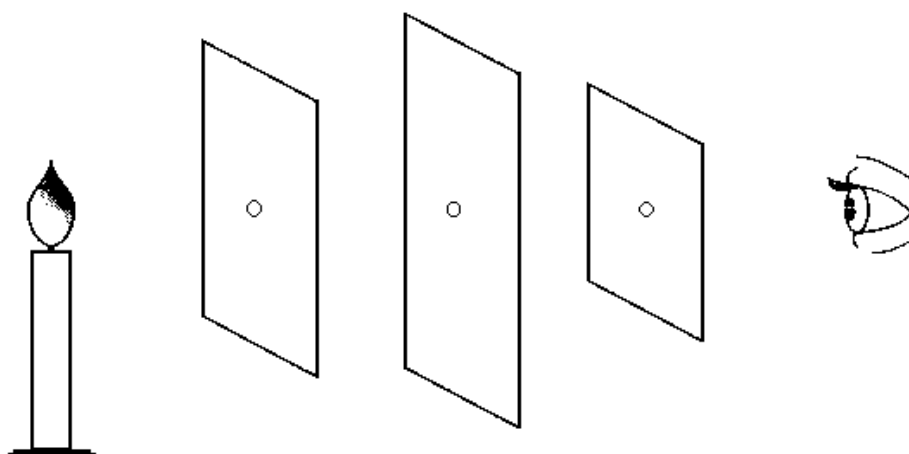


FIGURA 4 – PROPAGAÇÃO RETILÍNEA DA LUZ – 1

O aluno deve verificar em que condições (posições dos orifícios dos três cartões) é possível observar a chama da vela. Para perceber que a luz se propaga em linha reta, o cartão central era no início levemente deslocado lateralmente, impossibilitando a observação da chama.

Num segundo experimento, utilizando uma fonte de luz, um espelho plano e um pente, como indicados na FIGURA 5, foi possível observar o caminho dos raios luminosos que atravessavam as cerdas do pente e incidiam no espelho. Essa experiência simples também permite explorar as leis da reflexão.

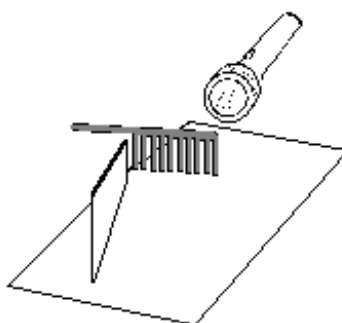


FIGURA 5 - PROPAGAÇÃO RETILÍNEA DA LUZ - 2

Outra forma de evidenciar a propagação retilínea da luz foi apresentada, utilizando-se uma fonte de luz *laser*: apesar de inicialmente enxergarmos apenas um pequeno círculo luminoso na parede da sala de aula, podíamos observar o caminho percorrido pela luz, espalhando pó de giz no seu percurso.

Para finalizar a aula, usando um pedaço de fibra óptica, lançamos algumas questões intrigantes tais como: “Será que a luz faz curva? Será que podemos ‘entortar’ a luz?”. Empregando a fibra óptica enrolada, mostramos que a luz *laser*, quando aproximada de uma das suas extremidades, podia ser observada na outra extremidade. Para auxiliar na compreensão sobre o que ocorre com a luz dentro de uma fibra óptica, utilizamos uma garrafa transparente contendo água e algumas gotas de detergente líquido, fazendo a luz *laser* percorrer a água. Com esse equipamento, foi possível utilizar um modelo para mostrar que a luz sofre diversas reflexões nas paredes internas da garrafa, explicando que, em uma fibra óptica, a luz apresenta o mesmo comportamento.

Atividade 5: A cor na visão do físico e na visão do artista

A quinta aula usada para a aplicação da proposta iniciou com a leitura do texto apresentado na introdução do roteiro desta atividade, em que é colocada a idéia de que a cor dos objetos é determinada pela composição da luz por ele refletida, lembrando, também, a atividade realizada com os filtros coloridos e a transparência com as flores, descrita na atividade 3. Além desses aspectos, o texto mostra as cores primárias de luz, exploradas pelos físicos, e as cores primárias de pigmento, utilizadas pelos artistas.

A atividade teve seqüência quando realizamos uma experiência demonstrativa usando três projetores de *slides* e três filtros de vidro com as cores primárias de luz, vermelha, verde e azul. Inicialmente, exploramos os resultados obtidos a partir da mistura de luzes coloridas, permitindo a observação de que as misturas de luz verde com vermelha, luz verde com azul e luz vermelha com azul resultam, respectivamente, nas cores amarela, ciano e magenta, chamadas de cores secundárias de luz. A discussão sobre a mistura das três cores de luz resultando no branco, permitiu explicar porque as cores vermelha, verde e azul são chamadas cores primárias de luz pelos físicos. Após esses comentários, realizamos a atividade que denominamos "*Brincando com as sombras coloridas*" em que objetos como régua, cadeiras e até partes do corpo (como, por exemplo, as mãos) foram colocados em frente das regiões onde eram obtidas as cores secundárias de luz e o branco. A observação permitiu perceber a existência das sombras coloridas, produzidas pelas regiões onde algumas faixas de comprimentos de onda da luz eram interceptadas pelo objeto. Além disso, foi possível perceber uma região escura, a qual os alunos chamaram de *preto* quando questionados sobre o que estavam vendo. Essa parte da atividade permitiu aos alunos a compreensão de que, para os físicos, a cor que denominamos *preto* corresponde à sensação que temos quando não chega luz em uma dada região, ou quando ela é totalmente absorvida por características particulares de cada superfície.

Estabelecendo relações com movimentos artísticos, fizemos comentários sobre a influência deste conhecimento nas obras dos impressionistas. Os artistas impressionistas produziam suas telas ao ar livre, iluminadas pela luz do Sol, o que implicava em pouca utilização da cor preta. Dando seqüência às relações que podem

ser estabelecidas entre a Física e os movimentos artísticos, realizamos uma atividade experimental que explorou a técnica do Pontilhismo. Após a leitura de um texto apresentando o Pontilhismo como uma arte científica em que seus representantes, a partir de conhecimentos adquiridos de leituras científicas, desenvolvem uma nova arte que se opõe frontalmente ao lirismo impressionista, passamos à observação da FIGURA 6, cuja compreensão passa pelo conhecimento do fenômeno da difração que já havia sido explorado na atividade 2, e à discussão do poder de resolução do olho.

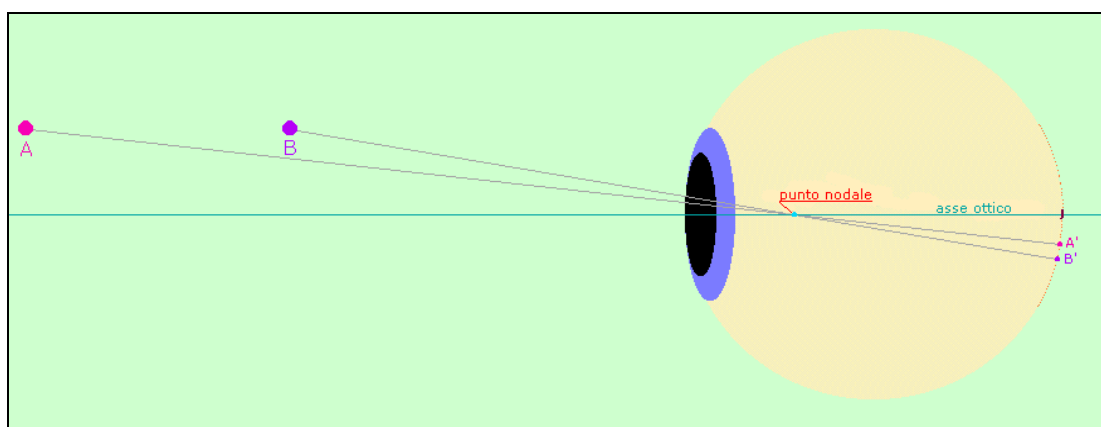


FIGURA 6 - FORMAÇÃO DE IMAGENS DE PONTOS DISTANTES DO OLHO

Para explorar, na prática, o estudo que fizemos sobre Pontilhismo, realizamos uma atividade experimental em que dois pequenos orifícios, feitos com a ponta de um alfinete, em cartolina preta e distanciados cerca de 4mm entre si, foram colocados na frente da lente de um projetor de *slides*. Os alunos, em pequenos grupos, receberam outro pedaço de cartolina com apenas um orifício, confeccionado da mesma forma que os anteriores, com o qual deveriam observar os dois feixes de luz provenientes do projetor de *slides*. A observação iniciava com o aluno se colocando a cerca de 1m de distância em relação ao projetor. Nessa situação, o olho humano é capaz de separar perfeitamente as imagens de cada orifício. Logo após, o aluno começa a distanciar-se do projetor, buscando uma localização na qual não é mais possível distinguir entre as duas imagens. Ao comparar com a técnica utilizada no Pontilhismo, ou seja, a de confeccionar a obra em pequenos pontos ou pinceladas colocados lado a lado numa tela, o aluno pôde verificar que o artista explorava esse conhecimento para produzir a sensação visual das cores desejadas.

Finalizando, utilizamos um aparelho de retroprojetor para mostrar, em

transparências, algumas obras Pontilhistas. Entre elas, priorizamos as de Paul Signac e Georges Seurat por se destacarem nesta manifestação artística.

Atividade 6: A câmera escura

A presente atividade trouxe como objetivo, *explorar e vivenciar o processo de formação da imagem em uma câmera escura, associando-o à formação da imagem no olho humano*. Para que tal objetivo fosse alcançado a atividade foi desenvolvida em caráter de oficina, com duração de duas horas-aula, em turno inverso, nos Laboratórios de Ensino de Ciências. No momento em que os alunos chegaram ao Laboratório de Ensino de Física, foram recolhidas as latas que seriam usadas durante a aula para a realização de fotografias, conforme material solicitado no primeiro encontro de aplicação da proposta.

Inicialmente, realizamos a leitura de um texto trazendo um breve histórico sobre o surgimento da fotografia. Após a sua leitura, a atividade foi desenvolvida em três momentos distintos. O primeiro momento ocorreu no Laboratório de Ensino de Física onde as atividades realizadas levaram à compreensão dos processos físicos associados à formação da imagem. Para isso, utilizamos uma câmera escura construída com uma caixa de papelão na qual uma das faces foi substituída por papel vegetal, e a face oposta, apresentava um pequeno orifício. Como fonte de luz, usamos uma lâmpada fluorescente, compacta, de 7W de potência, que foi sendo aproximada do orifício, permitindo a entrada da luz na caixa. Com esta demonstração, os alunos observaram as características da imagem formada no papel vegetal.

A fim de explicar o motivo de encontrarmos uma imagem invertida em relação ao objeto que estava sendo observado, utilizamos um retroprojetor e um esquema com três transparências que iam sendo sobrepostas até formar a imagem do objeto. A primeira transparência apresentava um objeto representado por uma seta vertical apontando para cima e dois anteparos dos quais o primeiro, próximo ao objeto, mostrava um orifício central e o segundo, não (FIGURA 7a). A segunda transparência, a ser sobreposta à primeira, tinha o desenho de dois traços retilíneos que partiam, um da origem O e o outro da extremidade O' do objeto, e que passavam, simultaneamente, pelo orifício central até atingir o segundo anteparo (FIGURA 7b). Por último, uma terceira transparência foi sobreposta, expondo a imagem obtida, a qual

estava representada por uma seta invertida em relação ao objeto (FIGURA 7c). As figuras usadas nesta atividade estão mostradas abaixo.

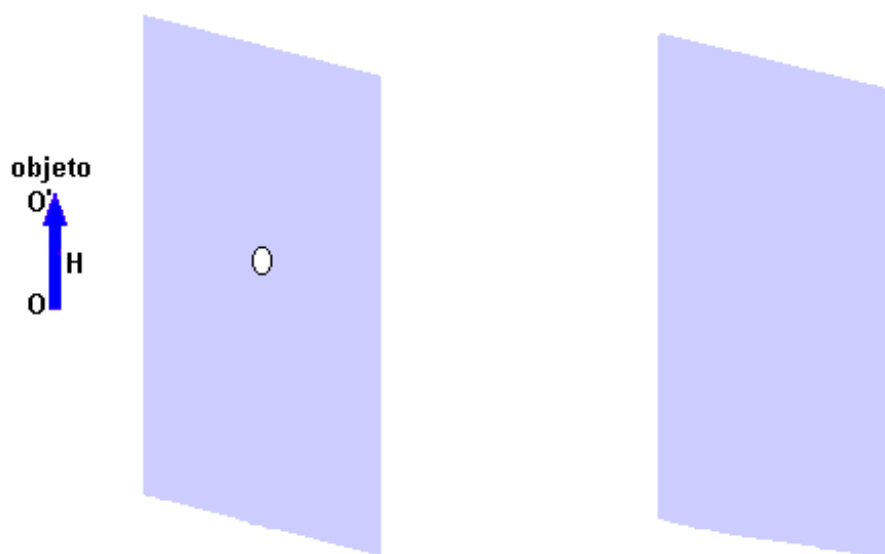


FIGURA 7a - OBJETO FRENTE A UM ANTEPARO COM ORIFÍCIO

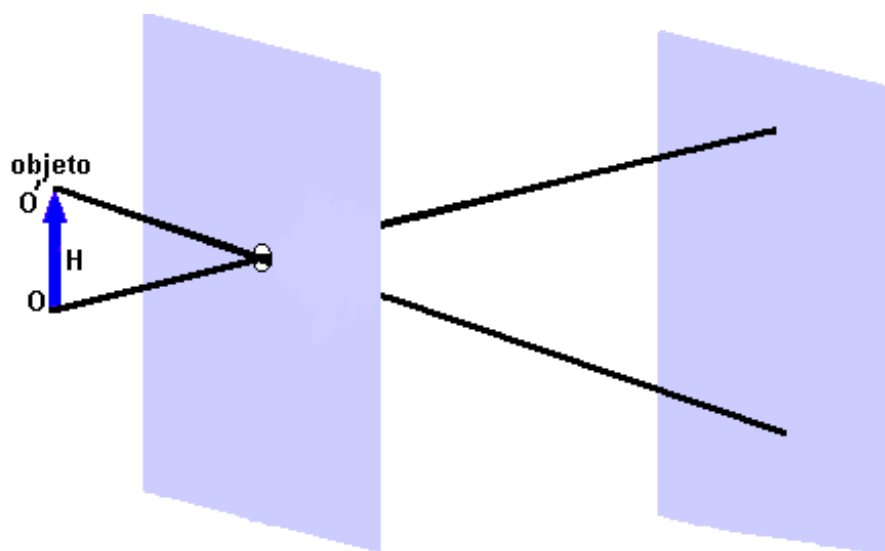


FIGURA 7b - RAIOS DE LUZ ATINGINDO O SEGUNDO ANTEPARO



FIGURA 7c - IMAGEM CONJUGADA DO OBJETO

Utilizando uma transparência com a figura do olho humano, apontamos as suas principais partes, a retina, o cristalino e a pupila, estabelecendo uma relação de semelhança com a máquina fotográfica. As partes associadas foram, respectivamente, o filme fotográfico, a lente convergente e o obturador.

Num segundo momento da presente atividade, a turma, que já estava organizada em pequenos grupos e que havia construído em casa as suas câmeras escuras com latas de folha de flanders, se dirigiu ao pátio da Escola para fazer fotografias com os equipamentos construídos. Durante as discussões dos fenômenos físicos envolvidos na fotografia, a Professora Licia Zimmermann, auxiliar de Ensino do Laboratório de Ensino de Física, concluiu a preparação das “máquinas fotográficas” dos grupos, colocando um pedaço de papel fotográfico em cada uma das latas recolhidas no início da aula. Os alunos receberam instruções quanto ao procedimento adequado para a realização da fotografia e quanto ao tempo de exposição para a obtenção de bons resultados. Para auxiliar nos posicionamentos das latas, o Laboratório disponibilizou suportes construídos com hastes metálicas para a colocação das latas. A fotografia abaixo, FIGURA 8, mostra um grupo de alunos realizando a atividade.



FIGURA 8: ALUNOS FAZENDO FOTOGRAFIA COM UMA LATA

Para concluir o processo da fotografia, os grupos retornaram ao Laboratório para receber explicações sobre como ocorreu a interação da luz com o papel fotográfico e, a partir da utilização de transparências, mostramos os processos químicos envolvidos até o momento, bem como o que aconteceria no momento da revelação da fotografia. No Laboratório de Ensino de Química, utilizamos um pequeno banheiro para transformá-lo em uma sala de revelação. Procuramos adaptar o ambiente para que o mesmo ficasse suficientemente escuro e colocamos três recipientes, um com a solução reveladora, o segundo com uma solução de ácido acético para lavagem do papel fotográfico e o terceiro com a solução fixadora. Durante a revelação das fotografias, os grupos participaram do processo e puderam esclarecer dúvidas e realizar discussões sobre o que estava acontecendo durante a utilização de cada solução. Uma amostra de resultados obtidos pelos alunos está representada nas FIGURAS 9 (a, b).

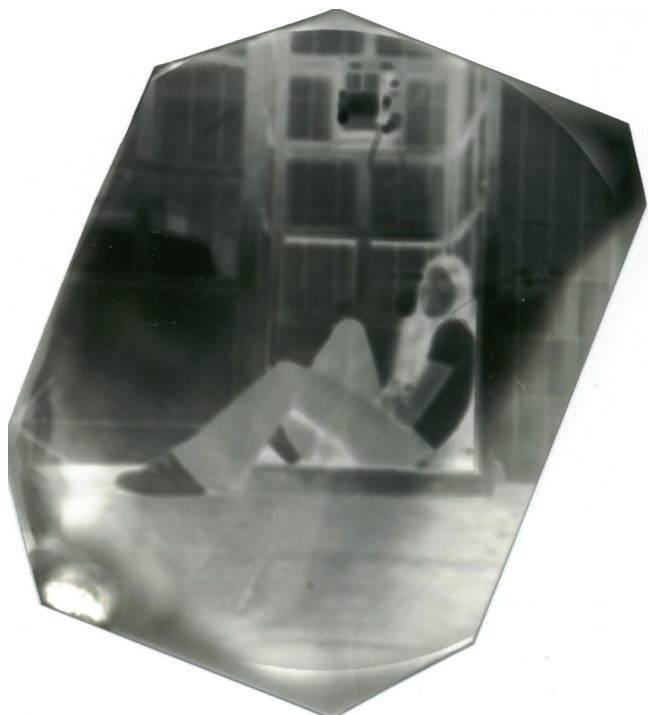


FIGURA 9a – FOTOGRAFIA OBTIDA COM UMA LATA (TURMA 8G)



FIGURA 9b – FOTOGRAFIA OBTIDA COM UMA LATA (TURMA 8F)

Após a revelação, os grupos retornaram ao Laboratório de Ensino de Física para responder as questões finais colocadas no roteiro de atividades, visando avaliar os resultados obtidos e apontar possíveis fatores que possam ter influenciado na qualidade das fotografias realizadas pelo grupo.

Atividade 7: Auto-avaliação

O fechamento das atividades ocorreu durante dois dias (dezoito e dezenove de novembro) com a utilização de um período da disciplina de Ciências para a aplicação de um material que visou proporcionar, além de uma avaliação da proposta, um momento de auto-avaliação dos alunos quanto ao envolvimento nas diferentes atividades. A elaboração do material também possibilitou um momento para que os alunos pudessem fazer comentários ou darem sugestões para aprimorar o trabalho desenvolvido. Os resultados obtidos são apresentados no CAPÍTULO VI.

CAPÍTULO IV

Diversidade de aplicações da proposta

“A cor não é um assunto trivial; por centenas de anos ela despertou uma curiosidade apaixonada nos maiores artistas, filósofos e cientistas naturalistas”.

(SACKS, 1995, p. 22)

O estudo da cor, ainda que fascinante por permitir explorar e entender o mundo colorido no qual estamos inseridos, raramente é explorado nas escolas e, quando isso ocorre, é apenas desenvolvido pela disciplina de Educação Artística, sem qualquer referência sobre implicações do tema em outras áreas do conhecimento. Dessa forma, é comum encontrarmos problemas conceituais no que diz respeito à “soma de cores” por não ser feita a devida distinção entre os conceitos de cor-luz (explorado pelas ciências) e de cor-pigmento (explorado pelos artistas). Muitas vezes, o próprio profissional da Educação Artística desconhece a diferença entre esses dois conceitos, abordando-os apenas sob a sua formação acadêmica. Isso pode levar um estudante a cursar toda sua vida escolar sem sequer ter ouvido falar da possibilidade de misturar cores (luz) e obter o branco. Soma-se a isso, o caráter de uma abordagem interdisciplinar que fica bastante facilitada com a escolha desse tema, como pode ser observado nos materiais anexos produzidos para a aplicação da proposta. Uma das implicações se dá na Arte, possibilitando mostrar ao aluno que a Ciência não está desvinculada de outras áreas, mesmo daquelas que, aparentemente, são tão subjetivas nas suas abordagens. Isso pode ser feito em um trabalho de oficina ou aula experimental, precedido por uma pesquisa e uma discussão sobre a Arte Pontilhista, desenvolvida durante as três últimas décadas do século XIX. Nesse período, em que a Arte é considerada Arte Científica, artistas como Georges Seurat e Paul Signac, entre outros, pintavam suas obras, utilizando pequenas pinceladas ou pontos com as cores primárias, deixando que o olho do observador, colocado a uma determinada distância da obra, percebesse continuidade no que estava sendo retratado. Aqui, a técnica utilizada pelo artista pode ser explicada através do fenômeno da difração da

luz e do poder de resolução do olho humano. Junta-se a isso, a possibilidade da compreensão sobre a cor dos objetos que nos rodeiam a partir da luz que os ilumina.

Outra disciplina a ser envolvida na proposta é a Química. Implicações do tema dentro do assunto *fotografia* possibilitam a vivência de todo o processo de sua obtenção. A fotografia é algo que faz parte do cotidiano do aluno que, em geral, tem acesso relativamente fácil a ela, despertando o seu interesse. Uma atividade de baixo custo, como a que está descrita no CAPÍTULO III, pode ser realizada para tratar sobre o processo de obtenção da fotografia. Com uma visão interdisciplinar, aspectos químicos puderam ser explorados no que diz respeito à formação da imagem no papel fotográfico desde o momento da incidência da luz até a revelação da fotografia. Aspectos físicos foram apontados a partir da construção de um modelo de máquina fotográfica, utilizando uma lata de folha de flanders, para analisar o comportamento da luz ao se propagar até incidir sobre o papel sensível à luz. Assim, os pontos levantados mostram que o tema é bastante propício para uma abordagem lúdica e interdisciplinar desses conteúdos na oitava série.

Além dos aspectos já apontados, julgamos importante considerar que a proposta desenvolvida é facilmente adaptável a outros níveis de ensino. Um conjunto de atividades foram selecionadas e organizadas em diferentes seqüências e/ou profundidade de abordagens para possibilitar a aplicação dessa proposta em diversos níveis de ensino, conforme relatamos a seguir.

IV.1 Educação Infantil (Jardim B)

A construção do pião das cores, como um modelo do disco de Newton, para mostrar mistura de cores, a realização de brincadeiras explicando as sombras coloridas e a formação da imagem em uma câmera escura são atividades que foram utilizadas com crianças de Educação Infantil em turmas de Jardim, nível B, nos Colégios Farroupilha e Salesiano Dom Bosco.



FIGURA 10 - RENATO C. E SEUS COLEGAS, ALUNOS DO COLÉGIO SALESIANO DOM BOSCO, CONSTRUINDO O PIÃO DAS CORES

IV.2 Ensino Fundamental (2ª Série)

Uma adaptação da atividade anterior permitiu uma rica discussão sobre mistura de cores, com caráter interdisciplinar, realizada com alunos de 2ª série do Ensino Fundamental no Colégio Farroupilha. Nessa atividade, os alunos verificaram, visitando os Laboratórios de Ensino de Física e de Química, os resultados encontrados a partir das misturas de luzes coloridas e de pigmentos, percebendo a diferença nos resultados obtidos.

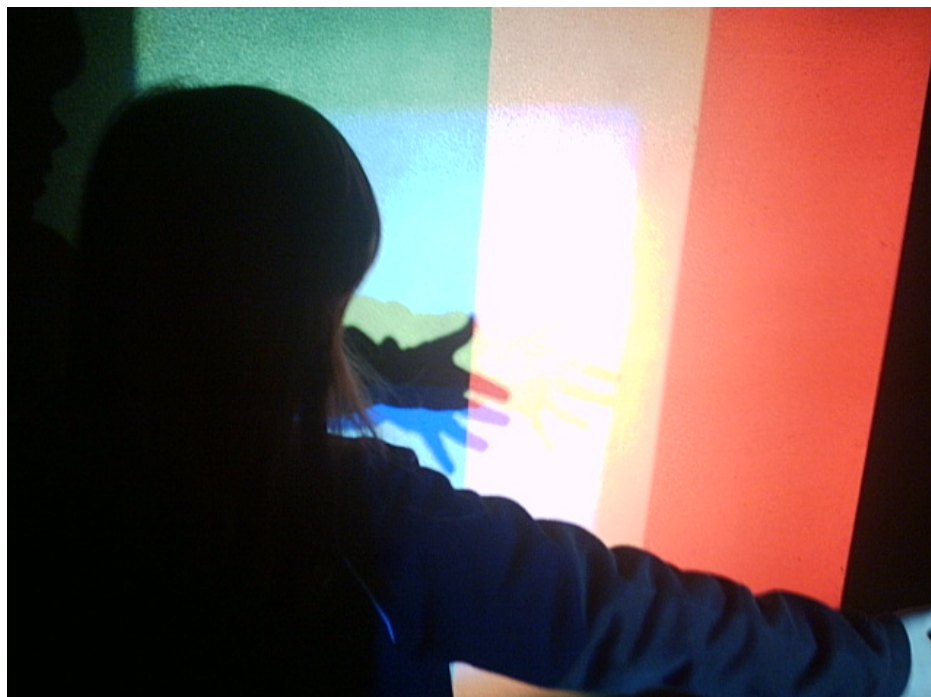


FIGURA 11 - ALUNA DA 2ª SÉRIE (E. F.) DO COLÉGIO FARROUPILHA OBSERVANDO, NO LABORATÓRIO DE ENSINO DE FÍSICA, A MISTURA DE CORES PRIMÁRIAS DE LUZ E AS SOMBRAS COLORIDAS DA SUA MÃO



FIGURA 12a - ALUNOS DA 2ª SÉRIE (E.F.) PREPARANDO O MATERIAL PARA A REALIZAÇÃO DA MISTURA DE PIGMENTOS COLORIDOS NO LABORATÓRIO DE ENSINO DE QUÍMICA (COLÉGIO FARROUPILHA)

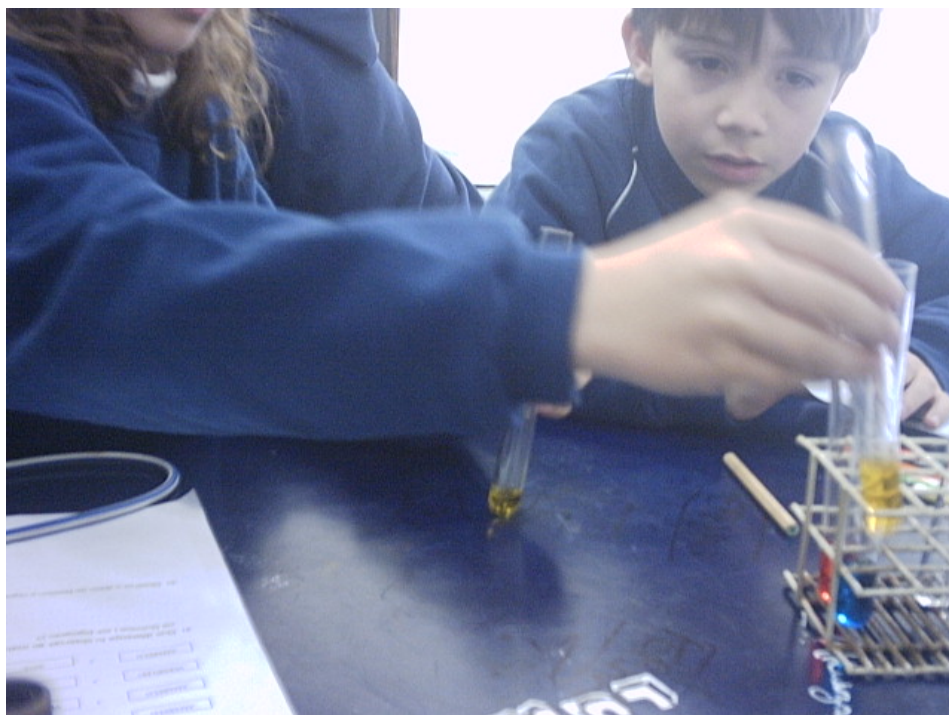


FIGURA 12b - ALUNOS DA 2ª SÉRIE (E.F.) REALIZANDO A MISTURA DE PIGMENTOS COLORIDOS

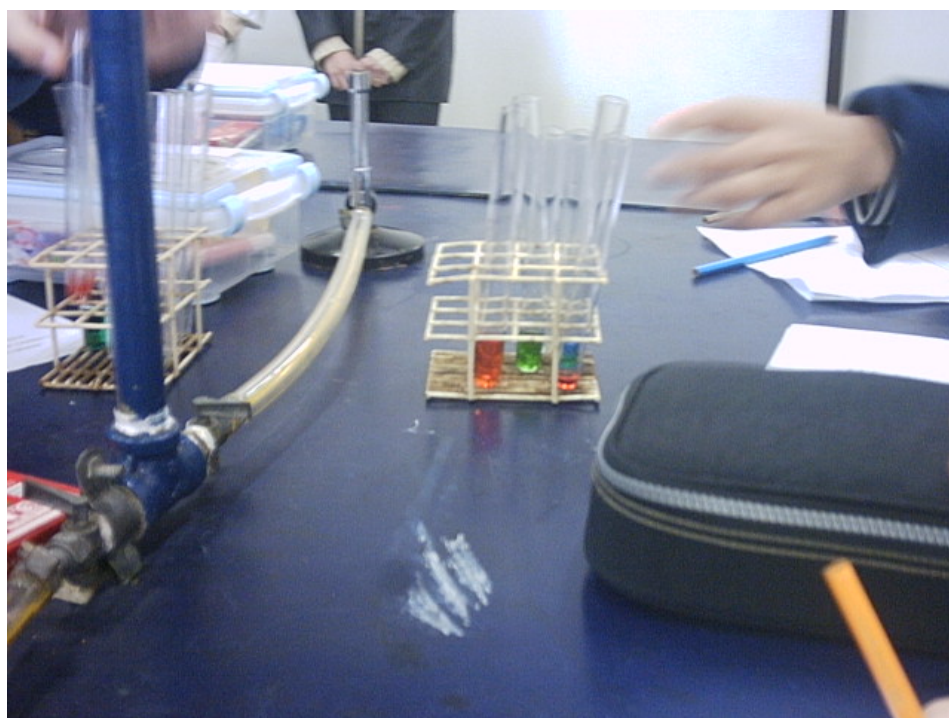


FIGURA 12c - OS PRIMEIROS RESULTADOS ENCONTRADOS

IV.3 Ensino Médio (2ª Série)

Outro desdobramento da proposta se deu no Colégio Sévigné, com alunos de segunda série do Ensino Médio, na disciplina de Física. É comum encontrarmos nesse nível de ensino uma abordagem de fenômenos ópticos restrita ao estudo da Óptica Geométrica, explorando os fenômenos da reflexão e da refração, a construção de imagens obtidas em espelhos e lentes e a utilização da equação dos focos conjugados. A Óptica Física, normalmente, não é trabalhada e tampouco citada para apresentar o caráter dual do comportamento da luz. Ao procurarmos uma definição para luz em livros didáticos normalmente encontramos que a mesma é uma onda eletromagnética que se propaga no vácuo. No entanto, na seqüência destes materiais, geralmente a abordagem se dá por meio da antiga teoria corpuscular, sem explorar o seu caráter ondulatório.

Procurando fugir um pouco dessa prática, realizamos algumas adaptações no material elaborado para a aplicação da nossa proposta e introduzimos o estudo da óptica a partir de uma abordagem essencialmente conceitual dos fenômenos da Óptica Física. O roteiro de trabalho organizado para essa atividade está mostrado no APÊNDICE 2. Dessa forma, acreditamos que uma abordagem como a que estamos propondo é facilmente adaptada para alunos do Ensino Médio, possibilitando uma exploração mais abrangente do estudo da Óptica.

IV. 4 Oficina para crianças de 5 a 8 anos

Algumas das atividades desenvolvidas nessas escolas foram realizadas pela primeira vez, em caráter de oficina, no Museu da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte integrante da programação da exposição *A Universidade da Fotografia*, realizada no segundo semestre de 2003. Para essa oficina, desenvolvida com crianças na faixa etária entre 5 e 8 anos, utilizamos o roteiro que segue.

Oficina: Brincando com a luz na fotografia - Roteiro de atividades

Museu da UFRGS – Exposição: A Universidade da Fotografia

Data: 24/07/2003

Profª.: Maria Helena Steffani (IF/UFRGS)

Mestranda: Cláudia Jraige de Andrade (MPEF-IF/UFRGS)

Resumo

Oficina para crianças de cinco a oito anos que pretende desvendar os mistérios das cores, da visão humana e da fotografia. Serão realizadas atividades interativas com discos de Newton, experiências de composição de luz colorida a partir das cores primárias, da formação de imagens com lentes convergentes, das câmeras escuras, da dispersão da luz branca por prismas, *lasers*, etc.

1º Momento: Somando cores

1. **Conversa inicial introduzindo uma discussão sobre cores:**

Quais são as cores que o grupo conhece?

Que cor você prefere? Por quê?

Será que todos nós vemos as cores exatamente da mesma maneira?

2. Brincadeira com Disco de Newton: participantes voluntários são convidados a colocar o disco de Newton a girar.

3. Pião das Cores: as crianças recebem um pequeno disco de Newton (confeccionado em cartolina branca, pintada com as cores do arco-íris) e, com um pequeno lápis atravessando o centro do disco, brincam com o pião das cores.

2º Momento: A cor dos objetos

1. Observação da cor dos objetos X iluminação: usando um objeto vermelho dentro de uma caixa escura, iluminamos o objeto, separadamente, com luzes verde, azul e vermelha, questionando sobre a cor do objeto. O procedimento é repetido, usando um outro objeto azul.

2. Mistura de luzes coloridas com projetores de *slide*: descobrindo o resultado das misturas.

3. Descoberta da cor dos objetos que estão dentro da caixa: os objetos são iluminados com a mistura de luzes coloridas para descobrir sua cor verdadeira.

3º Momento: Brincando com as sombras coloridas: usando os projetores de *slide* com as cores primárias de luz, a criança pode brincar observando as sombras coloridas.

4º Momento: A hora do arco-íris

1. Conversa inicial sobre o arco-íris.

2. Dispersão da luz usando um prisma e um projetor de *slide*.

3. Observação do arco-íris em uma cuba com água.

5º Momento: O olho e a máquina fotográfica – Instrumentos ópticos

1. **Observação da formação de imagens reais:** usando uma lente convergente, uma vela e um anteparo, a criança observa a imagem obtida.
2. **Construção do modelo da máquina fotográfica:** usando uma lata com um pequeno orifício no fundo e um papel vegetal como tampa (preso com elástico) e uma vela, a criança observa a formação da imagem da chama da mesma no papel vegetal.
3. **Analogia com a formação da imagem no olho humano.**

6º Momento: A propagação retilínea da luz

1. **Observação do *laser* e discussão sobre o ponto vermelho que aparece na parede:** Ele está só na parede? E se a parede estivesse mais perto da fonte de *laser*? Usando pó de giz, podemos mostrar o caminho seguido pela luz *laser*.
2. **“A ação de entortar a luz do *laser*”:** Usando uma fibra óptica transparente podemos ver a luz passando por dentro da fibra. Será que conseguimos entortar a luz?
3. **Comportamento da luz dentro da fibra óptica:** usando uma garrafa transparente com água e com algumas gotas de detergente, são vistas as reflexões sofridas pela luz *laser* nas paredes da garrafa.

7º Momento: Encerramento:

1. **Visita à câmera escura montada no Museu.**
2. **Avaliação da atividade:** os participantes recebem, ao saírem da oficina, uma pequena tira com três “carinhas” para indicar o grau de satisfação quanto à atividade desenvolvida.

Oficina: Brincando com a luz na fotografia



IV. 5 Oficina sobre Física e Arte Pontilhista

Como já foi mencionado, há uma grande interface entre o tema da nossa proposta e a Arte Pontilhista, o que nos levou à apresentação de uma oficina com o título *Explorando a Física no Museu de Arte*, oferecida, inicialmente, no Museu da

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, durante a exposição *A Universidade da Fotografia*, a profissionais de diferentes áreas. Posteriormente, esse trabalho foi apresentado em Jornada de Estudos aos Professores do Colégio Sévigné, em 14 de dezembro de 2003, quando adaptações foram executadas para evidenciar o caráter interdisciplinar do tema **Luz e Cores**. Essas oficinas foram desenvolvidas conforme roteiro apresentado a seguir.

Oficina: Explorando a Física no Museu de Arte - Roteiro de atividades

Museu da UFRGS – Exposição: A Universidade da Fotografia

Data: 15/08/2003

Profs.: Maria Helena Steffani e Silvio Luis de Souza Cunha (IF/UFRGS)

Mestranda: Cláudia Jraige de Andrade (MPEF-IF/UFRGS)

Resumo

A partir da observação de uma imagem "não contínua", como as formadas por um mosaico ou produzidas pela técnica conhecida como "pontilhismo", são discutidos os fenômenos ópticos responsáveis pela formação da imagem na nossa retina e as implicações do poder de resolução do olho humano e na sua visualização.

1º Momento: Fundamentação teórica sobre a Arte Pontilhista

1. Apresentação em PowerPoint sobre a Arte Pontilhista: situamos o trabalho, colocando um breve resumo sobre Pontilhismo e mostrando algumas obras de Georges Seurat e Paul Signac para exemplificar.

2. Software Interage: Utilizando alguma simulações do software citado, disponível para *download* no endereço <http://www.scite.pro.br/interage/download.html>, tais como *Quadriculados* e *RGB*, discutimos sobre a percepção do olho humano quanto às cores.

2º Momento: Atividades experimentais

1. Demonstração do fenômeno da difração: usando um feixe de raios *laser*, uma fenda de largura variável e um fio de cabelo, mostramos o fenômeno da difração da luz.

2. Difração da luz em orifício circular: realizamos experiência para observar a figura de difração da luz após o feixe de *laser* passar por um pequeno orifício feito com a ponta de um alfinete em uma cartolina preta.

3. Poder de Resolução do olho humano:

- Colocamos na frente da lente de um projetor de *slide*, uma moldura de *slide* com papel alumínio onde foram feitos dois orifícios (ponta de um alfinete), separados de 4mm para simular duas fontes pontuais. Um outro *slide* feito com uma cartolina preta perfurada por um alfinete é mantido na frente do olho do observador. Observando as duas fontes pontuais por meio desse material (com um único orifício), verificamos a distância a partir da qual as duas fontes não são mais vistas separadamente.

- Usamos a figura do olho humano (CAPÍTULO III, FIGURA 6) para justificar a observação, relacionando com a técnica utilizada por artistas pontilhistas.

3º Momento: Observação de obras pontilhistas projetadas em PowerPoint.

Dentre as atividades mencionadas neste capítulo, uma delas, a que ocorreu com alunos do Jardim B do Colégio Salesiano Dom Bosco explorou as sombras coloridas. Nessa atividade, um dos filtros utilizados foi confeccionado com papel celofane, o que nos levou à realização das medidas de espectros de transmissão, como estamos abordando no CAPÍTULO V.

CAPÍTULO V

Investigação experimental de filtros de cor

A realização de experimentos para discutir a composição da luz branca ou a cor dos objetos comumente esbarra em algumas dificuldades que acabam fazendo o professor desistir da realização de atividades práticas, limitando-se apenas a utilizar um prisma para discutir a dispersão da luz branca. No entanto, os livros didáticos trazem a informação de que as cores vermelha, verde e azul são conhecidas como cores primárias de luz, pois a mistura simples delas gera como resultado, o branco. Mas como mostrar isso aos alunos? Normalmente, as escolas não possuem filtros coloridos necessários para esses experimentos ou não oferecem um ambiente suficientemente escuro para a realização da atividade ou, ainda, não têm três fontes de luz iguais para a realização da mesma. Livros didáticos, em geral, indicam a atividade para ser realizada com três fontes pontuais de luz com as cores primárias. Mas onde encontrar as fontes indicadas? Lâmpadas comuns, habitualmente, emitem luz em todas as faixas de frequência do espectro da luz visível, mas com intensidades diferentes e, apenas pintar o seu bulbo com as cores vermelha, verde ou azul, em geral, não elimina as dificuldades. Utilizar esse tipo de lâmpada para realizar experimentos que exploram a mistura de luzes coloridas ou a cor dos objetos pode trazer uma grande frustração, pois os resultados encontrados, geralmente, não são bons.

V. 1 Confeção de filtros impressos em transparências

A necessidade de efetivamente mostrar aos alunos, na prática, o que é trazido pelos livros didáticos, nos levou a buscar alternativas de materiais que pudessem ser utilizados, fugindo das lâmpadas especiais geralmente indicadas e não-especificadas. A intenção de discutirmos a cor dos objetos e a dependência dessa em função da luz que o ilumina, nos impulsionou a criar filtros impressos em lâminas transparentes que seriam usados sob uma figura previamente escolhida, cujas cores eram desconhecidas dos alunos. Para que esse procedimento ocorresse, foi utilizada uma impressora jato de tinta Cânon BJC 4200. De posse de um aparelho retroprojeto,

realizamos uma atividade em que filtros impressos nas cores vermelha, verde, azul, amarela, ciano e magenta foram colocados um a um, separadamente, sob uma transparência com flores e folhas conforme descrição apresentada na Atividade 3 do CAPÍTULO III.

A confecção de cada filtro foi feita, dispondo-se das próprias ferramentas do *Word*. Inicialmente, usando o ícone para desenhar retângulo, na parte inferior da tela, inserimos um retângulo na página. A FIGURA 13 mostra a tela do *Word* exibida durante a confecção do filtro azul.

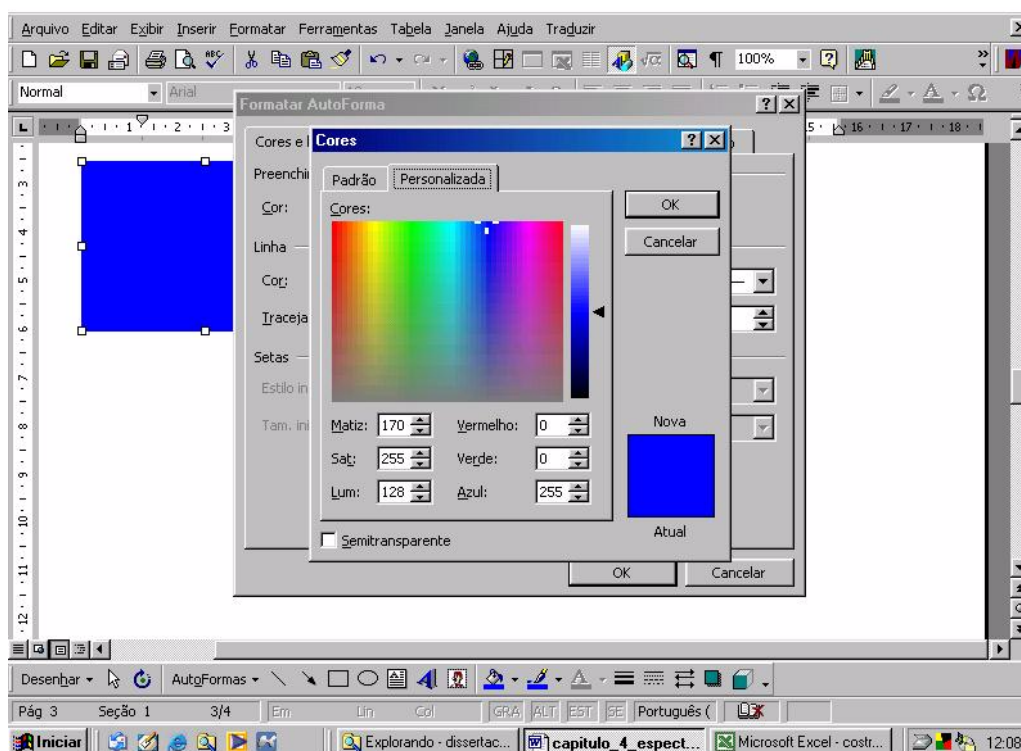


FIGURA 13 - TELA DO COMPUTADOR PARA CONSTRUÇÃO DE FILTRO AZUL

Logo após, utilizando os ícones “cor da linha” e “cor do preenchimento”, também encontrados na parte inferior da tela, personalizamos as cores desejadas, selecionando para obtenção de cada cor os valores de matiz (localização da cor no espectro), saturação (pureza da cor) e luminosidade (brilho) mostrados na TABELA 2.

TABELA 2 - PARÂMETROS UTILIZADOS PARA ESCOLHA DE CORES DOS
FILTROS

filtro cor	vermelho			verde			azul		
vermelho	255			0			0		
verde	0			255			0		
azul	0			0			255		
	matiz	saturaçã o	lumino- sidade	matiz	saturaçã o	lumino- sidade	matiz	saturaçã o	lumino- sidade
	0	255	128	85	255	128	170	255	128
filtro cor	ciano			amarelo			magenta		
vermelho	0			255			255		
verde	255			255			0		
azul	255			0			255		
	matiz	saturaçã o	lumino- sidade	matiz	saturaçã o	lumino- sidade	matiz	saturaçã o	lumino- sidade
	127	255	128	42	255	128	213	255	128

V. 2 Observações feitas, utilizando os filtros impressos em transparência

Visando discutir a cor dos objetos a partir da luz que por ele é refletida, utilizamos os filtros mencionados anteriormente, colocados, um a um, sob uma transparência com figuras de flores e folhas. A idéia que procuramos passar, durante a realização do experimento, é a de que o filtro colocado imediatamente sobre o aparelho retroprojeter selecionava as faixas de comprimentos de onda da luz que seriam utilizados para iluminar a transparência com as flores e folhas. A colocação de cada filtro levava a um questionamento quanto à cor das flores e das folhas vistas pelos alunos. Os resultados encontrados estão sintetizados na TABELA 3.

TABELA 3 - PERCEPÇÕES SOBRE AS CORES DA FIGURA A PARTIR DA UTILIZAÇÃO DE FILTROS

Cor do filtro	Flores	Imagens ao redor das flores
Verde	acinzentado	verde
Vermelho	vermelho	Cinza escuro ou preto
Azul	lilás	acinzentado
Amarelo	vermelho	acinzentado
Ciano	azul	verde
Magenta	magenta	cinza

A atividade desenvolvida mostrou aos alunos que a cor dos objetos depende das faixas de comprimentos de onda da luz refletida por ele. A visualização da figura projetada pelo retroprojetor sem filtro algum pôde mostrar as cores das flores e folhas quando a transparência era iluminada por luz branca. Nessa situação, as flores se apresentam com a cor magenta, o que significa que elas refletem luz nos comprimentos de onda do vermelho e do azul enquanto que, nas folhas ao redor, predominam diferentes tonalidades de verde. Assim, a partir do quadro anterior, também podemos perceber que o comprimento de onda da cor verde é pouco refletido pela região das flores, assim como os comprimentos de onda do vermelho e do azul não são refletidos pela região onde predominam as folhas.

V. 3 Medidas de espectro de transmissão de filtros

Devido aos bons resultados que encontramos com a atividade experimental descrita anteriormente e procurando aprofundar nosso próprio conhecimento sobre filtros de luz, realizamos as medidas dos espectros de transmissão dos filtros descritos anteriormente no laboratório de LASER do IF/UFRGS, sob orientação do professor Dr. Sílvio Luiz de Souza Cunha.

A análise é feita utilizando-se um espectrômetro conectado ao computador. Antes da realização das medidas são colocados filtros que bloqueiam a passagem de qualquer comprimento de onda que não esteja na faixa de luz visível. Somente depois são colocadas, uma a uma, as amostras dos filtros que queremos analisar. A FIGURA 14a ilustra uma medida de espectro, sendo realizada para um filtro vermelho impresso em transparência.



FIGURA 14a - ESPECTROMETRIA NO LABORATÓRIO DE LASER – IF/UFRGS

A medida de espectro de transmissão para cada filtro gera um gráfico na tela do computador (FIGURA 14b) e o software *Spctram* organiza os dados em um arquivo de extensão txt.

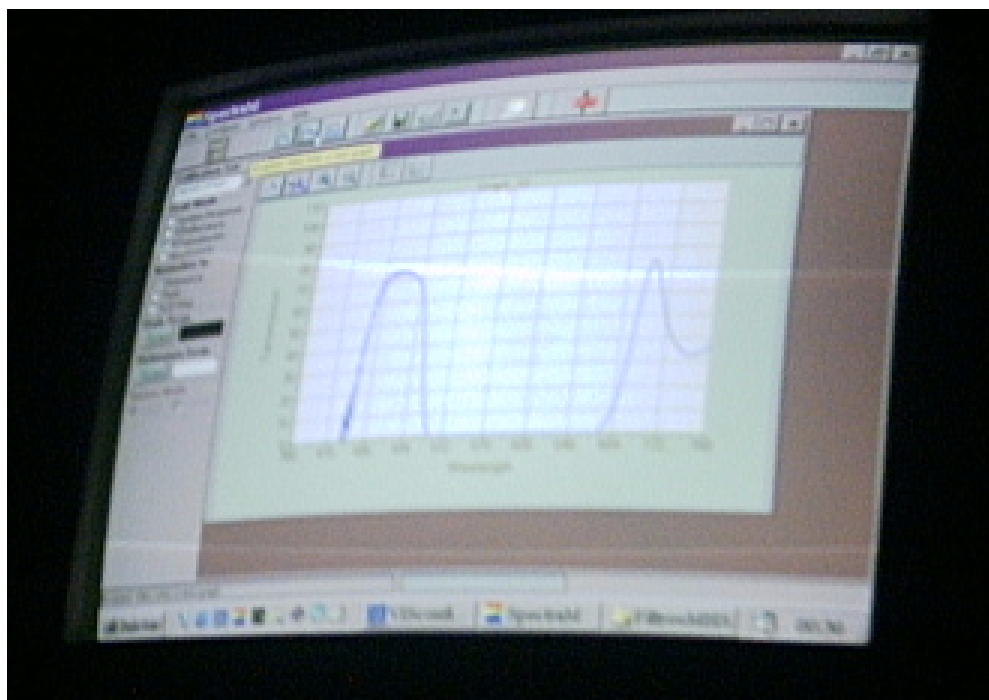


FIGURA 14b - EXEMPLO DE GRÁFICO GERADO PELA MEDIDA

Esses dados podem ser lançados em uma planilha *Excel* e representados por meio de gráficos que mostram a intensidade da luz transmitida em função do comprimento de onda da mesma. Os resultados obtidos são apresentados na seção seguinte.

Tendo presente a realidade escolar, que nem sempre conta com laboratórios equipados, onde se poderiam encontrar filtros ópticos obtidos em indústrias especializadas, para realizar atividades como as propostas nesse trabalho, procuramos fazer uma análise experimental, tanto destes filtros quanto de filtros alternativos, como os impressos em transparência e, também, dos feitos a partir da sobreposição de camadas de papel celofane.

V.3.1 Espectros obtidos para filtros dielétricos

Ao contrário dos filtros confeccionados em transparências, que são filtros de absorção de parte do espectro luminoso, os filtros dielétricos, industrializados, são confeccionados em vidro coberto por camadas de um material refletor não metálico possibilitando a reflexão de parte do espectro luminoso e a transmissão de outra parte.

GRÁFICO 1 – ESPECTRO PARA FILTRO DIELÉTRICO AZUL

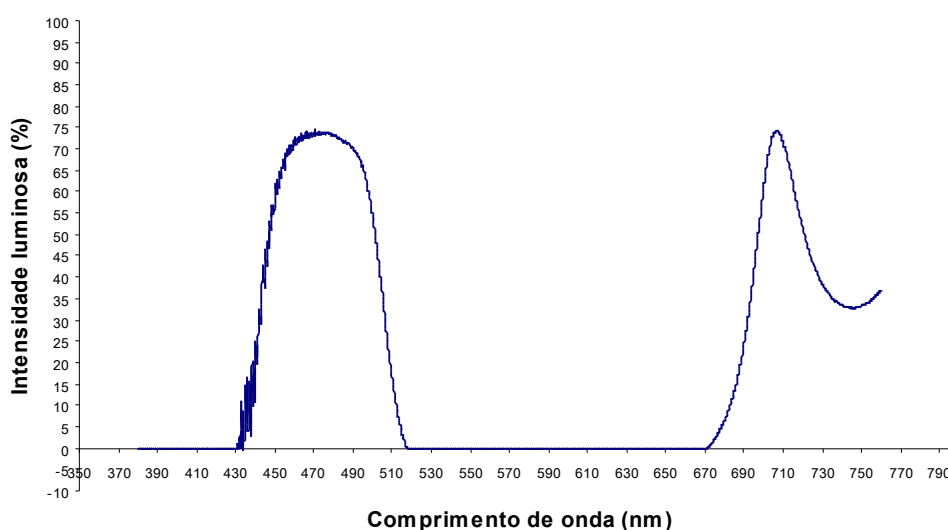


GRÁFICO 2 – ESPECTRO PARA FILTRO DIELÉTRICO VERDE

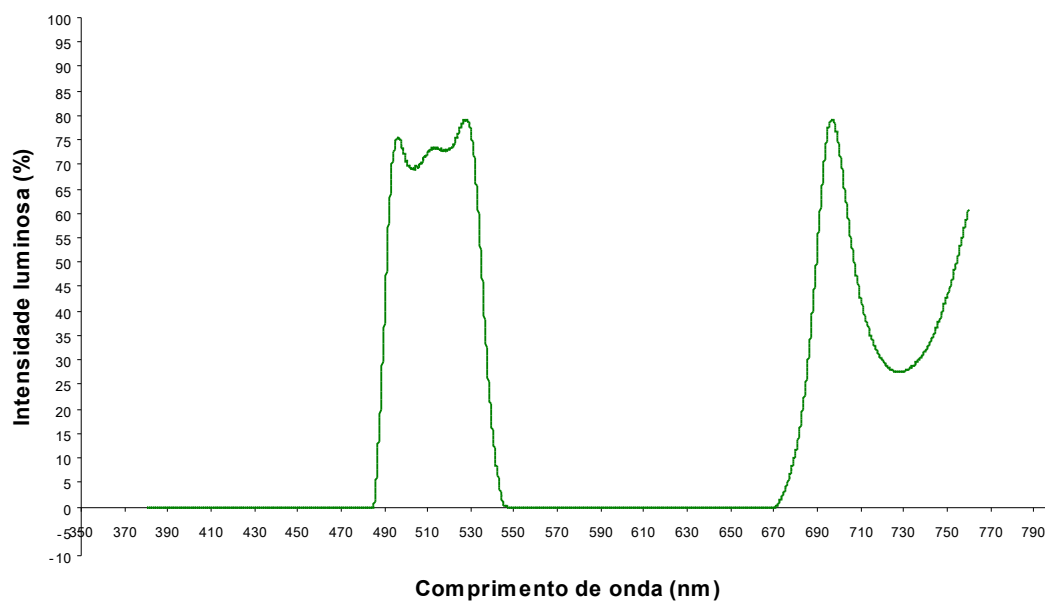
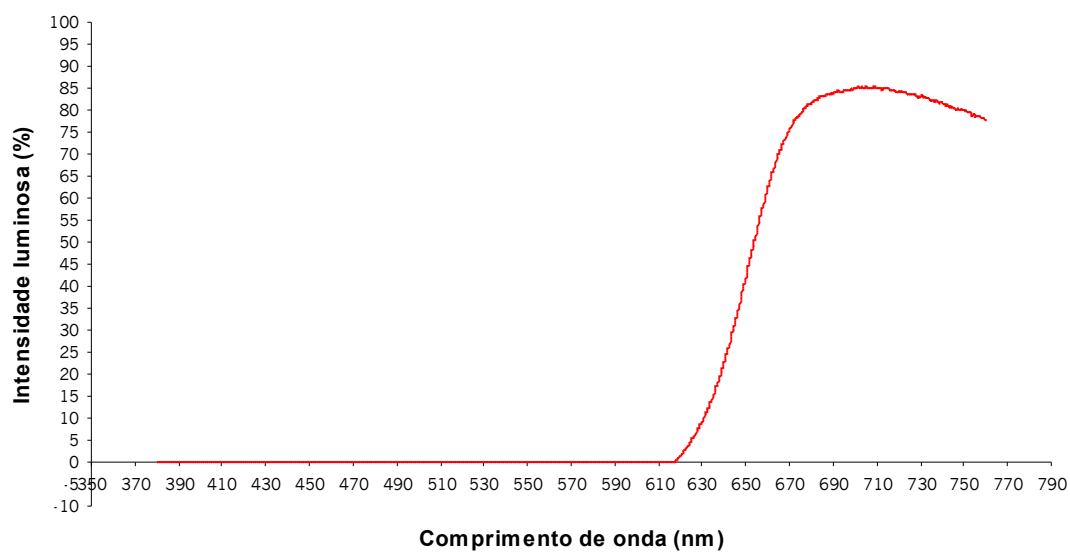


GRÁFICO 3 – ESPECTRO PARA FILTRO DIELÉTRICO VERMELHO



V.3.2 Espectros obtidos para filtros impressos em transparências

Esses filtros foram impressos em transparência, conforme descrito na seção V.1 em vermelho, verde e azul e também em ciano, amarelo e magenta. Os resultados da análise experimental desses filtros são mostrados nos gráficos que seguem.

GRÁFICO 4 – ESPECTRO PARA FILTRO PIGMENTO AZUL

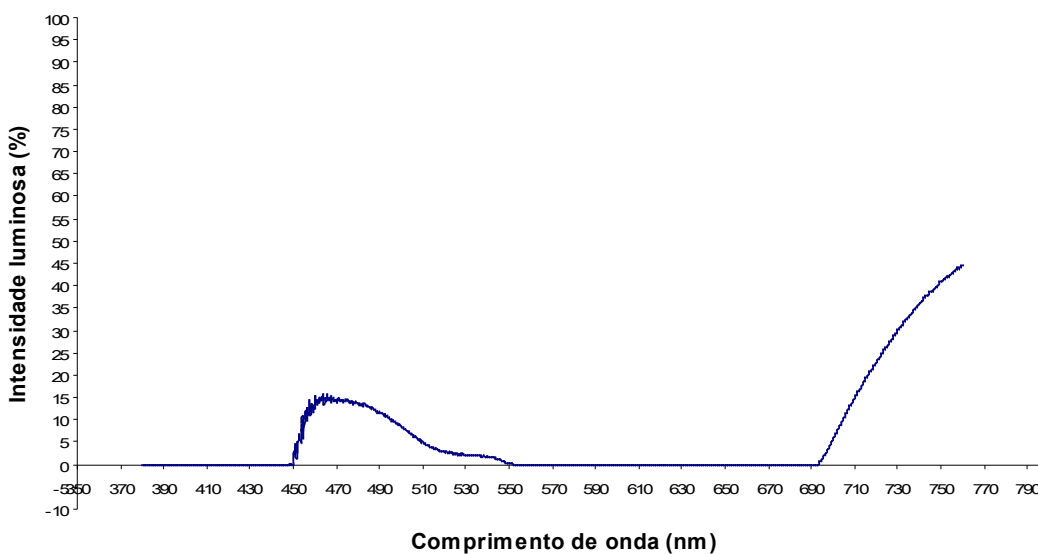


GRÁFICO 5 – ESPECTRO PARA FILTRO PIGMENTO VERDE

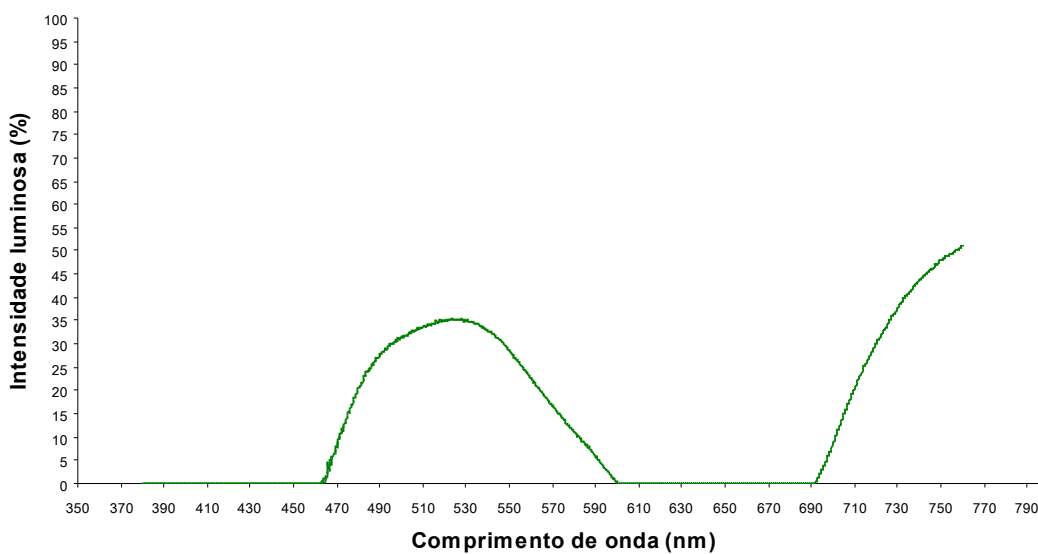


GRÁFICO 6 – ESPECTRO PARA FILTRO PIGMENTO VERMELHO

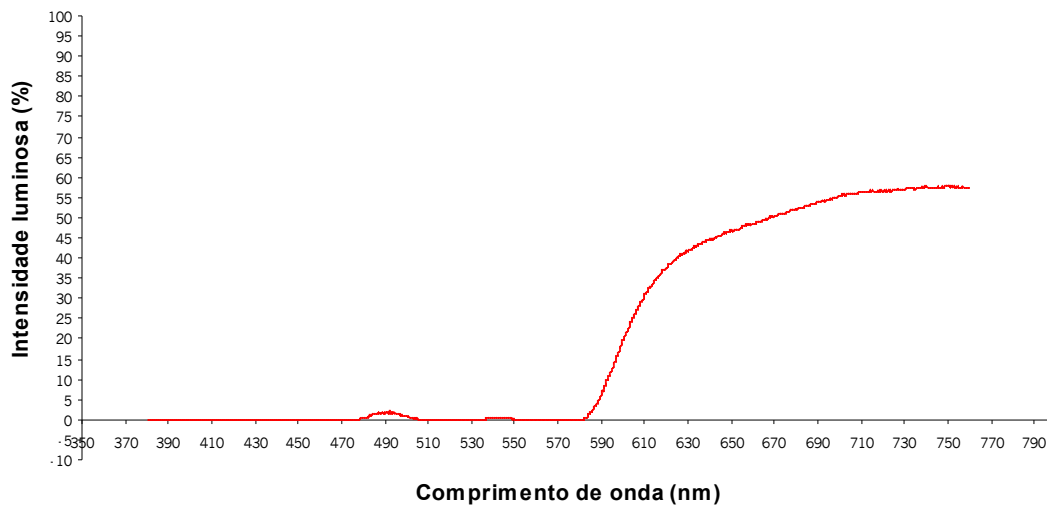


GRÁFICO 7 – ESPECTRO PARA FILTRO PIGMENTO CIANO

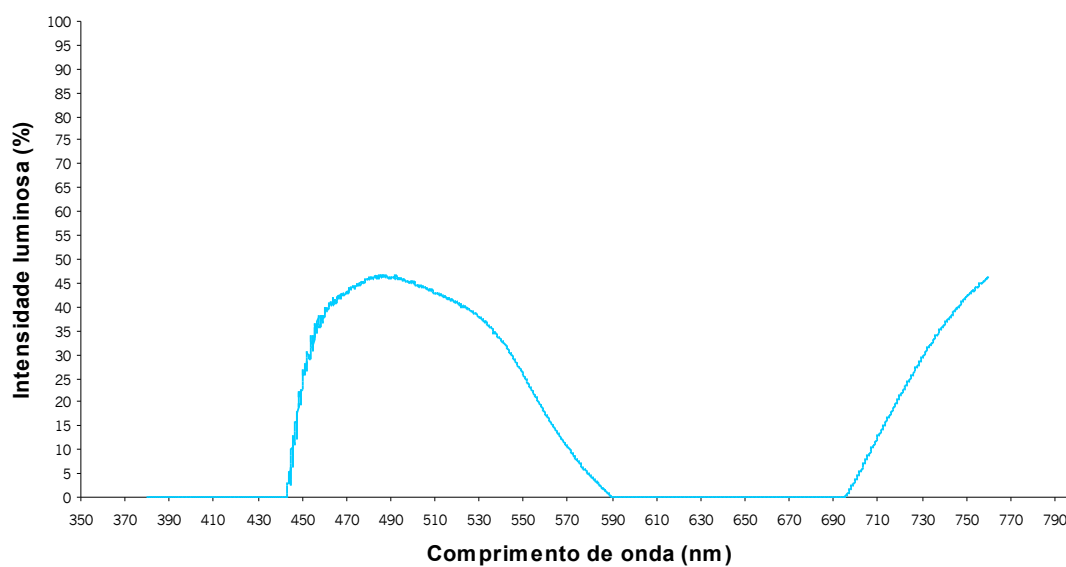


GRÁFICO 8 – ESPECTRO PARA FILTRO PIGMENTO MAGENTA

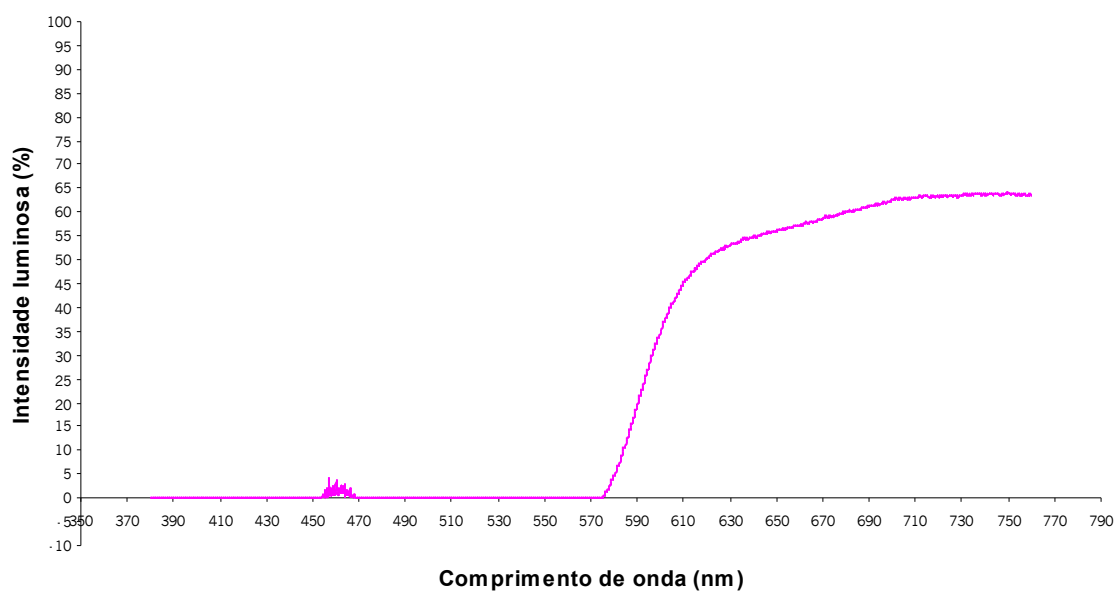
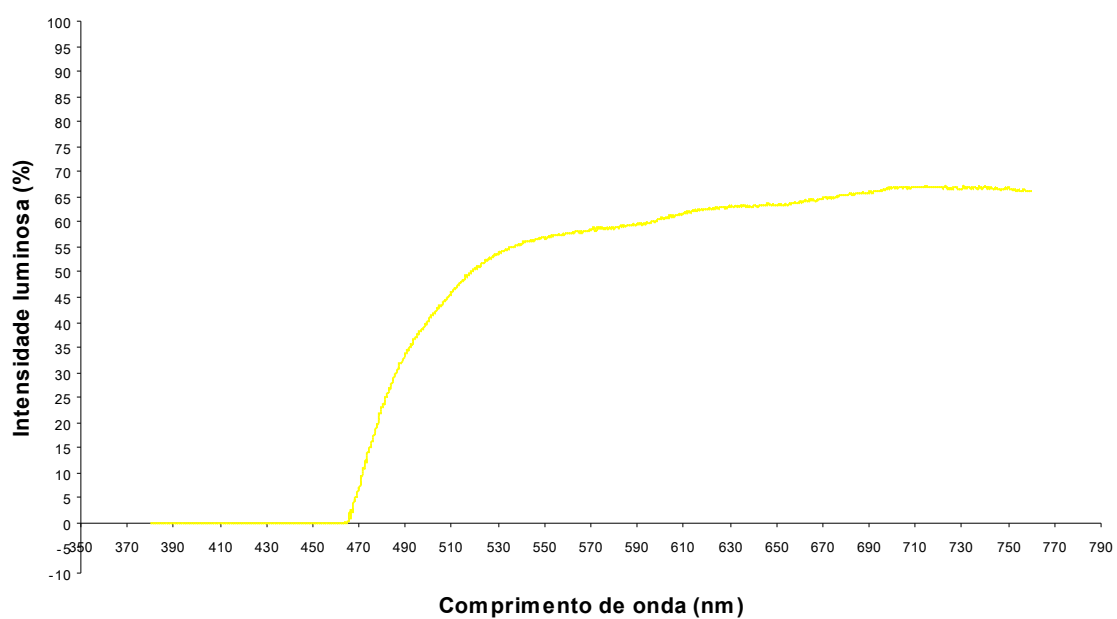


GRÁFICO 9 – ESPECTRO PARA FILTRO PIGMENTO AMARELO



V.3.3 Filtros com as cores primárias de luz em papel celofane

Procurando encontrar materiais alternativos para utilização de filtros, confeccionamos alguns, usando papel celofane nas cores vermelha, verde e azul. Testes com esse material apresentaram bons resultados quando se utilizavam duas camadas de papel celofane. Os gráficos obtidos estão mostrados na seqüência.

GRÁFICO 10 – ESPECTRO PARA FILTRO CELOFANE AZUL

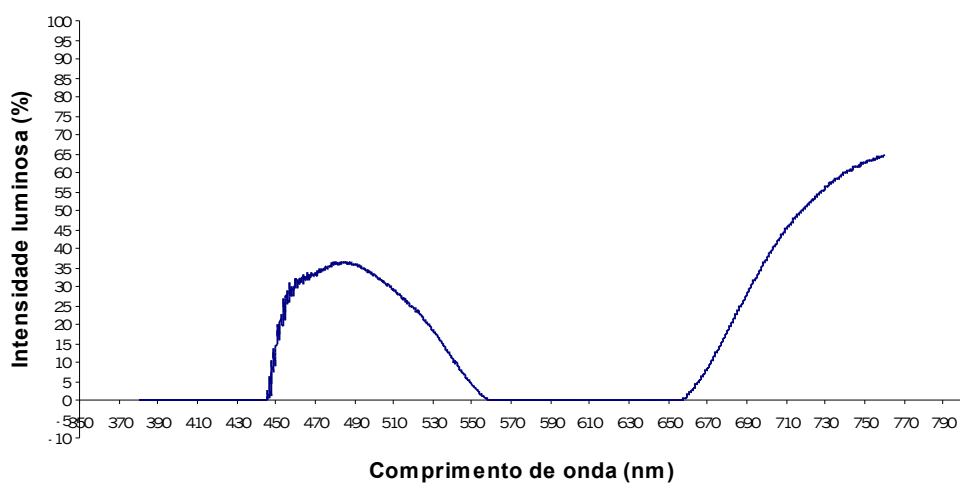


GRÁFICO 11 – ESPECTRO PARA FILTRO CELOFANE VERDE

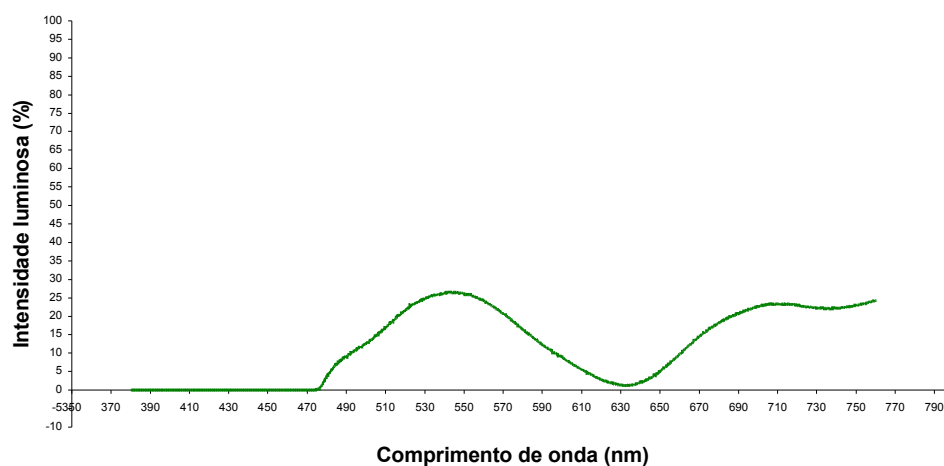
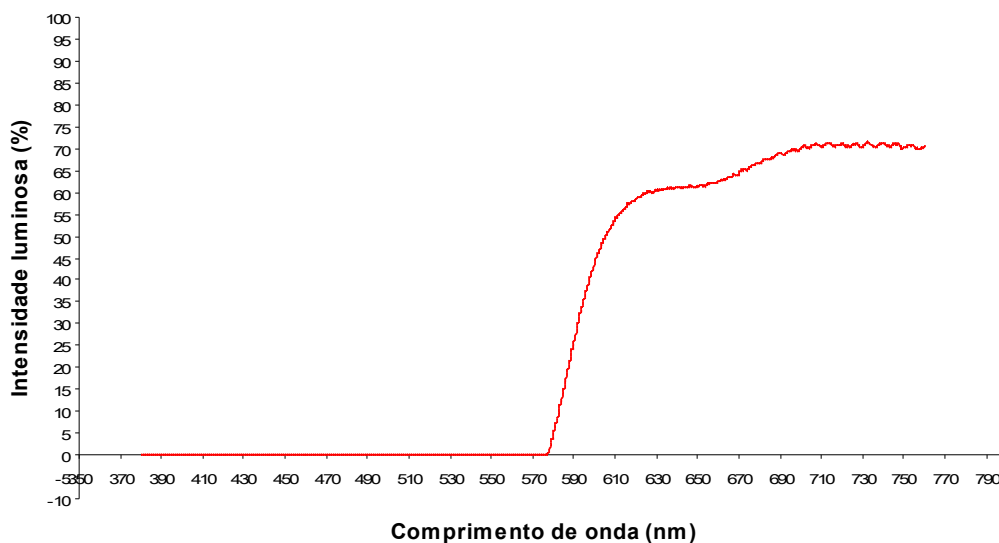


GRÁFICO 12 – ESPECTRO PARA FILTRO CELOFANE VERMELHO



V.4 Estudo comparativo dos espectros

A partir dos resultados mostrados na seção anterior, apresentamos a seguir uma série de gráficos que comparam os espectros obtidos para cada cor primária de luz com os diferentes filtros utilizados.

GRÁFICO 13 – ESPECTRO COMPARADO PARA FILTROS DE COR AZUL

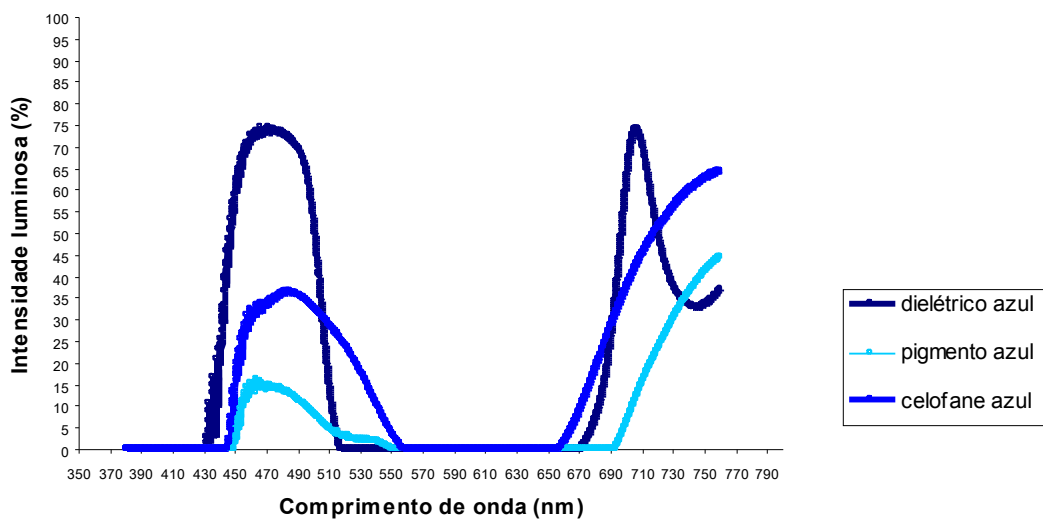


GRÁFICO 14 – ESPECTRO COMPARADO PARA FILTROS DE COR VERMELHA

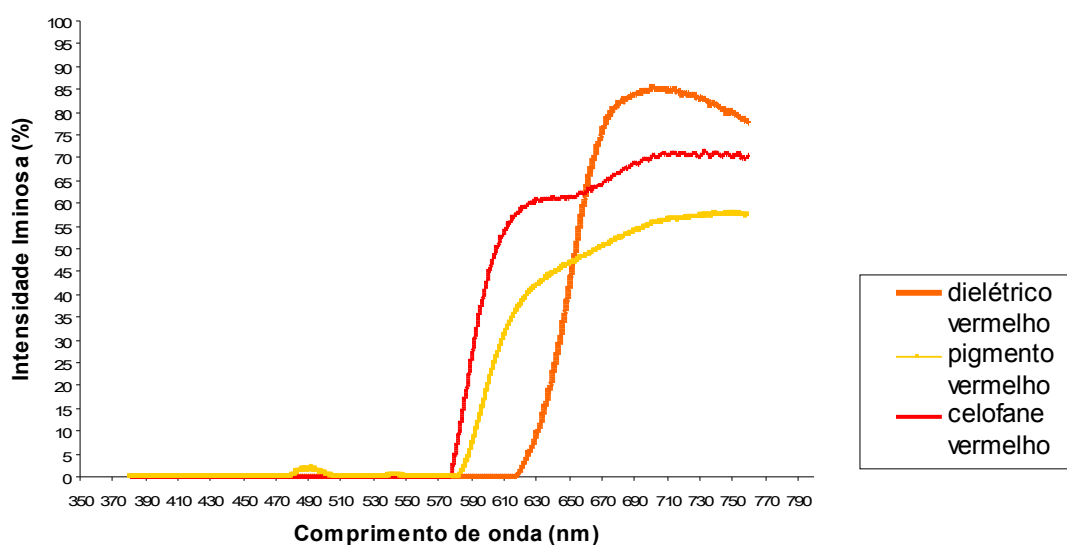
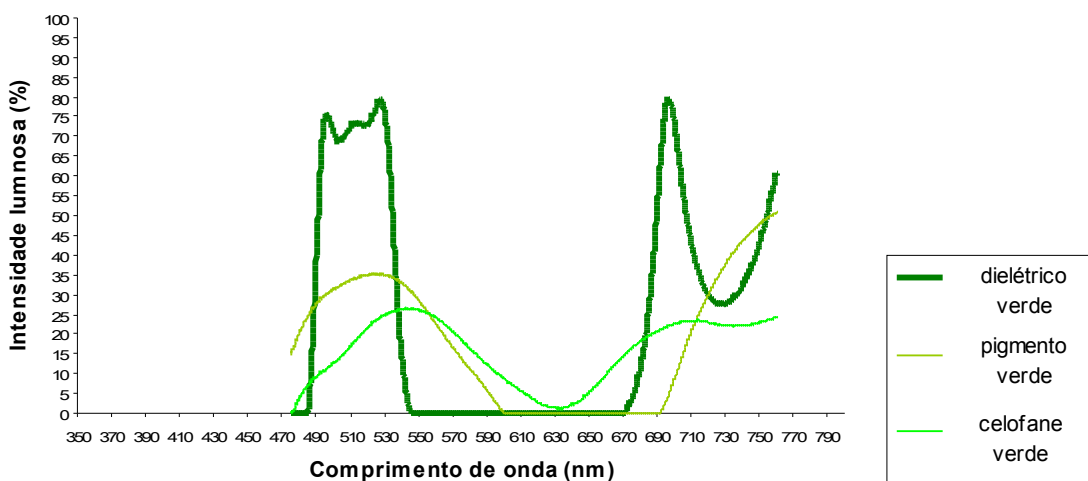


GRÁFICO 15 - ESPECTRO COMPARADO PARA FILTROS DE COR VERDE



A realização da atividade descrita a partir do uso dos filtros impressos em lâminas transparentes para discutir a cor dos objetos auxilia a percepção do aluno no que diz respeito ao conceito de cor para os físicos. Enquanto no mundo das artes a cor de um objeto ou de uma tela depende do pigmento utilizado para pintá-lo, pressupondo que a iluminação seja da luz branca de interior ou exterior, na Física, a

cor de um objeto é definida pela faixa de comprimentos de onda da luz que o mesmo reflete.

Observando os gráficos mostrados anteriormente, podemos perceber que independente do filtro que usamos (dielétrico, impresso em transparência ou confeccionado em papel celofane), o máximo de intensidade na luz transmitida situa-se nas faixas entre $5,9 \times 10^{-7} \text{m}$ e $7,3 \times 10^{-7} \text{m}$ para os filtros vermelhos, entre $4,9 \times 10^{-7} \text{m}$ e $5,7 \times 10^{-7} \text{m}$ para os filtros verdes e entre $4,5 \times 10^{-7} \text{m}$ e $5,1 \times 10^{-7} \text{m}$ para os filtros azuis, justificando os bons resultados encontrados na atividade desenvolvida para discutir sobre a cor dos objetos, com a utilização desses filtros. De maneira geral, os espectros revelaram que os filtros dielétricos são mais eficientes por apresentarem maior intensidade luminosa quando comparados com os filtros impressos ou com os filtros de papel celofane. Entretanto essa diferença pode não ser significativa, dependendo das condições de iluminação da sala em que se realizam as demonstrações.

A fotografia mostrada na FIGURA 15 foi obtida em uma atividade realizada no Colégio Salesiano Dom Bosco, em Porto Alegre, onde estávamos trabalhando em uma oficina sobre cores com duas turmas de Jardim B, na Educação Infantil.



FIGURA 15 - EDUCAÇÃO INFANTIL – JARDIM B

O equipamento utilizado para a experiência está mostrado na FIGURA 16.



FIGURA 16 - EXPOSIÇÃO DE EQUIPAMENTOS

A atividade consistiu em mostrar a criação de sombras coloridas, utilizando-se três projetores de *slides*: na frente do primeiro, foi colocado um filtro dielétrico azul; no segundo projetor, um filtro dielétrico vermelho; em frente ao terceiro, um filtro confeccionado em papel celofane na cor verde.



FIGURA 17 - SOMBRAS COLORIDAS

CAPÍTULO VI

Apresentação dos resultados

Vamos apresentar a seguir os resultados decorrentes da aplicação da nossa proposta no Colégio Farroupilha, cujas atividades foram descritas no CAPÍTULO III. A avaliação da proposta ocorreu durante dois dias (18 e 19 de novembro de 2003), utilizando-se um período da aula de Ciências para a aplicação de um material específico, do qual destacamos alguns itens com questões que foram levantadas no instrumento aplicado e algumas observações feitas pelos alunos.

Após breve introdução em que era destacado o objetivo do trabalho a ser respondido pelos alunos, o instrumento trazia a seguinte solicitação:

Esta atividade de auto-avaliação tem o objetivo de fazer com que você pare um momento para refletir sobre o trabalho que estamos concluindo. Para isso, pense um pouco nas questões que seguem, dissertando brevemente sobre cada uma:

1. No início do trabalho, após termos assistido ao filme citado anteriormente, foi-lhe solicitada a construção de uma câmera escura para fazermos fotografias em atividade que iria ser desenvolvida no final da aplicação da nossa proposta. Esse material deveria ser desenvolvido em grupos e preparado com antecedência para que pudesse ser utilizado em data previamente estabelecida. Como esteve a organização desse material durante as atividades?

Algumas respostas dadas pelos alunos:

- Conseguimos organizar o material e levar as latas prontas para a atividade que realizamos. (F. S., turma 8F)
- Foi tranquilo e divertido. (I. M., turma 8G)
- O grupo organizou-se com antecedência e, no dia da aula, foi tudo tranquilo. Fizemos a atividade e foi divertido. (C.P., turma 8G)
- Bom! O nosso grupo conseguiu se organizar muito bem, assim tendo um ótimo resultado, pois a nossa foto saiu muito boa. (V. A., turma 8C)
- Os materiais foram preparados com antecedência a fim de que nada faltasse na experiência. (T. S., turma 8C)

2. *A disciplina de Física, por si, requer uma certa concentração e envolvimento com as atividades propostas. Isso faz com que pensemos um pouco sobre as conversas e as eventuais distrações que possam ter ocorrido durante as aulas. Como você se vê nesta questão?*

Algumas respostas dadas pelos alunos:

-Acho que me envolvi com o trabalho apesar de algumas conversas paralelas que fiz com meus amigos. (M. A., turma 8C)

-Eu acho impossível ter uma aula sem conversas, pois temos necessidade de discutir ou até brincar um pouco. No caso da nossa turma, não houve maiores problemas. (T. S., turma 8C)

-Eu procurei manter a atenção em todos os momentos. Mas várias vezes era difícil se concentrar e prestar atenção, pois havia muito barulho. (F. F., turma 8A)

-Eu poderia conversar menos e trabalhar mais. (J. V., turma 8B)

-Eu também “conversava” na aula, mas nas horas “importantes” da aula eu trabalhei muito bem. Mas a nossa turma, em geral (eu acho), trabalhava bem. (A. M., turma 8B)

-A conversa faz parte da vida, por isso eu converso nas aulas de Física. (S. P. turma 8E)

3. *A tabela abaixo mostra os objetivos específicos que pretendemos atingir com o trabalho desenvolvido em aula. Marque um (X) nas últimas colunas, visando mostrar o seu grau de satisfação em cada atividade realizada. Os códigos que estaremos utilizando estão mostrados ao lado.*



Muito satisfeito com a atividade






Satisfeito com a atividade



Insatisfeito com a atividade

Os resultados percentuais das respostas indicadas pelos alunos envolvidos na proposta estão apresentados na TABELA 4.

TABELA 4 – AVALIAÇÃO DA PROPOSTA – DADOS PERCENTUAIS

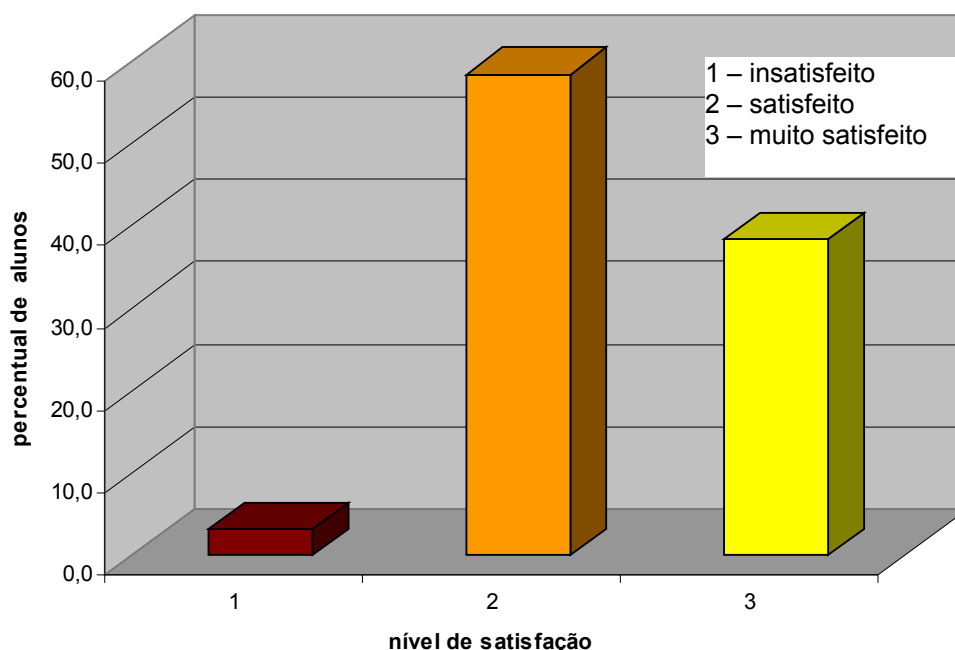
	Título	Objetivo			
Atividade 1	<i>Filme: Fenômenos da Óptica Geométrica</i>	Retomar e organizar alguns conhecimentos que já possuíamos, de trabalhos desenvolvidos, ao longo do ano, sobre o comportamento da luz.	27,0%	56,2%	16,8%
Atividade 2	<i>Definindo onda como uma perturbação</i>	Observar o comportamento de uma perturbação na superfície de um líquido, evidenciando o fenômeno da difração para, por meio de analogias, explorar o caráter ondulatório da luz.	43,2%	47,6%	9,2%
Atividade 3	<i>O espectro eletromagnético</i>	Compreender a luz visível como uma radiação que ocupa uma pequena faixa do espectro eletromagnético, associando esse conhecimento às cores que conhecemos e com as quais convivemos no nosso dia-a-dia.	35,7%	45,9%	18,4%
Atividade 4	<i>Princípio da Propagação Retilínea da Luz</i>	Trabalhar diferentes situações experimentais, analisando o princípio da propagação retilínea da luz para explorar sua aplicação na formação de imagem em uma câmara escura.	45,9%	42,7%	11,4%
Atividade 5	<i>A cor na visão do físico e na visão do artista</i>	Discutir as diferentes visões sobre cores a partir da ótica do físico e do artista para entender o mundo colorido no qual estamos inseridos.	39,5%	48,1%	12,4%
Atividade 6	<i>Oficina: A câmara escura</i>	Explorar e vivenciar o processo de formação da imagem em uma câmara escura, associando-o à formação da imagem no olho humano.	77,3%	17,3%	5,4%

4. Analisando a proposta de trabalho que desenvolvemos, indique seu grau de satisfação.



A tabulação dos resultados obtidos para esse item está mostrada no GRÁFICO

GRÁFICO 16 – AVALIAÇÃO DA PROPOSTA



5. Use o espaço abaixo para dar sugestões que possam melhorar nosso trabalho ou fazer comentários que você julgar pertinente.

Algumas respostas dadas pelos alunos:

- Fazer mais trabalhos como o da câmera. (A. D., turma 8C)
- As aulas são muito legais, pois mostram fatos na prática e não só na teoria. Os experimentos chamam a atenção, pois nos fazem entender os fenômenos ocorridos.(A. R., turma 8G)
- Fazer trabalhos com coisas imprevisíveis, o trabalho do *laser* “tava” legal, ninguém sabia o que aconteceria, já as cores da luz na parede, todos já sabiam. (M. K., turma 8G)
- Gostei da forma como foi trabalhado, mas acho que o vídeo sobre óptica deveria ser mudado. (P. Z., turma 8G)
- Acho que foram realmente interessantes estes experimentos. Sai da rotina e dá um olhar mais objetivo da Física. Gostaria que fizéssemos mais vezes essas atividades. (M. M., turma 8F)
- O trabalho foi muito bom e permitiu aos alunos um bom aprendizado da luz e da visão. (M. A., turma 8A)

Nas atividades que apresentamos como desdobramentos da proposta no CAPÍTULO IV, a avaliação se deu por meio de depoimentos orais (não-gravados) dos participantes, os quais relataram alto nível de satisfação com as atividades desenvolvidas. Na oficina para crianças de 5 a 8 anos, realizada no museu da UFRGS, aplicamos o instrumento descrito no roteiro de suas atividades, conforme apresentado no CAPÍTULO IV. Todos os participantes declararam-se *muito satisfeitos* com a atividade efetuada.

CAPÍTULO VII

Considerações finais e conclusões

A organização dessa proposta de trabalho teve, como mote, a especial preocupação com a oitava série do Ensino Fundamental. Ao contrário do que acontece em outros momentos da vida escolar dos estudantes, em que existe uma relativa clareza quanto aos conteúdos que devam ser abordados, é comum encontrarmos a idéia de que a oitava série deverá trabalhar conteúdos de Física e de Química. No entanto, não há clareza quanto ao que deva ser estudado. Justificamos tal fato a partir da TABELA 1, na qual facilmente podemos perceber a diversidade na formação de profissionais habilitados a assumir a disciplina de Ciências no Ensino Fundamental, do qual destacamos a oitava série. Podendo a habilitação para o ensino de Ciências, nesse nível de ensino, ser dada pelos mais diferentes cursos universitários, é natural que a ênfase na formação de conceitos ligados à Ciência esteja intimamente ligada ao curso que oferece tal habilitação, podendo levar o professor a priorizar conteúdos específicos da sua área de formação. Para agravar esse quadro ainda encontramos, com relativa facilidade, a idéia de que a oitava série deva “aliviar” conteúdos para o Ensino Médio.

Visando retirar da oitava série a incumbência de realizar o que consideramos, por todas as preocupações apontadas no corpo desse trabalho, uma missão praticamente impossível, qual seja a de “aliviar” os conteúdos de Física e de Química para Ensino Médio, é que elegemos o tema **Luz e Cores** como um tópico a ser trabalhado na referida série. Elegemos um enfoque essencialmente conceitual e interdisciplinar, o que acreditamos facilitar a visão integradora das Ciências por parte dos alunos além da percepção das implicações em outras áreas do conhecimento. Cabe-nos também ressaltar que o tema possibilita a realização de atividades que atraem o interesse dos alunos como a que desenvolvemos sobre a fotografia. Nessa etapa, proporcionamos a vivência de todo o processo de obtenção de uma imagem fotográfica, desde o momento da construção da máquina fotográfica com uma lata até o da revelação do papel fotográfico.

Ao construirmos nossa proposta, criamos roteiros de aulas com atividades que possam ser realizadas em qualquer estabelecimento de ensino, uma vez que tivemos sempre presente a intenção de utilizar materiais facilmente encontrados nas escolas. Além disso, a criação de filtros de cor, impressos em transparências para impressora jato de tinta, para discutir a cor dos objetos a partir da observação de uma figura projetada na parede, quando esses eram colocados sob a mesma, trouxe-nos bons resultados experimentais, mostrando que a utilização dessa técnica dispensa a necessidade de um local totalmente escuro. Procurando certificar-nos da eficiência de tais filtros, executamos medidas de espectro da luz transmitida por eles, sobre as quais apresentamos os resultados encontrados no CAPÍTULO V. Os bons resultados experimentais obtidos na realização das atividades junto aos alunos também nos motivaram a buscar outras alternativas de materiais a serem utilizados como filtros, levando-nos a construir alguns com papel celofane. Comparando os espectros de transmissão desses filtros ao espectro de transmissão de filtros adquiridos em indústrias especializadas, comprovamos a eficiência daqueles materiais.

Outro fator que desejamos ressaltar diz respeito à facilidade de adaptação da nossa proposta a outros níveis de ensino como apresentamos no CAPÍTULO IV. Adequando-se a linguagem utilizada nas nossas discussões ao nível de desenvolvimento cognitivo do aluno, podemos promover a construção de conceitos que vão sendo revisitados pelo estudante desde a Educação Infantil até o Ensino Médio. Acreditamos que a formação de conceitos próprios das Ciências deve ocorrer desde as séries iniciais. Tal idéia também é reforçada pelo professor Carlos Schroeder em sua dissertação de Mestrado em Ensino de Física (IF/UFRGS 2004) que deu origem ao volume 16 da série Textos de Apoio ao Professor de Física do IF/UFRGS (SCHROEDER, 2005).

Retorno bastante estimulador também encontramos após a realização das oficinas com adultos, de diferentes áreas de formação, nas quais exploramos as implicações da Física na Arte Pontilhista.

Analisando as situações que tivemos oportunidade de vivenciar durante a construção e a aplicação dessa proposta de trabalho, reforça-nos a crença de que é possível se fazer muita coisa pela educação e, em especial, pelo ensino de Ciências nas nossas escolas (exploramos apenas um tema que, certamente, já faz parte da listagem de conteúdos de oitava série de muitas escolas). No entanto, acreditamos que o diferencial desse estudo está em procurarmos tratar o tema com abordagens

alternativas, fugindo de um formalismo matemático que não condiz com a faixa etária do aluno ao concluir o Ensino Fundamental, podendo, no lugar de despertar, o prazer pelo estudo da Física, levá-lo a odiar tudo o que se refere a esse campo do conhecimento.

Ao concluirmos, deixamos a sugestão de que outros temas passíveis de inclusão na oitava série possam ser elencados e testados por profissionais ao participarem de Programas de Pós Graduação. Acreditamos que, dessa forma, poderemos, em um prazo relativamente curto, ter uma organização efetiva de um conjunto de atividades a ser abordado nesta série, que garanta o respeito ao nível de desenvolvimento cognitivo do educando, promovendo uma aprendizagem significativa de conceitos que lhe são realmente relevantes.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DOS PROFISSIONAIS DE MARKETING. **Os produtos do século**. Disponível em: <<http://www.appm.pt/produtos003.html>>. Acesso em: 25 set. 2003.

BRASIL. Ministério da Educação e do Desporto. **Coordenação geral de estudos e avaliação de materiais**. PNLD. Disponível em: <<http://www.mec.gov.br/sef/fundamental/avaliv.shtm>>. Acesso em: 13 mar. 2004.

BRASIL. Ministério da Educação e do Desporto. **Números da educação no Brasil**. INEP. Disponível em: <<http://www.inep.gov.br/estatisticas/numeros/2001/>>. Acesso em: 15 abr. 2004.

BRASIL. Ministério da Educação e do Desporto. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares nacionais: ciências naturais**. Brasília: MEC/SEF, 1997. v. 4.

BRASIL. Ministério da Educação e do Desporto. **Programa Nacional do Livro Didático 2004**: guia de livros didáticos. Brasília: MEC/SEF, 2003. v. 2.

CARVALHO, A. M. P.; VANNUCCHI, A. O currículo de física: inovações e tendências nos anos noventa. **Investigações em Ensino de Ciências**. Porto Alegre, v.1, n.1, p. 3-19, abr. 1996.

CENTRO UNIVERSITÁRIO LA SALLE. **Graduação**. Disponível em: <<http://www.unilasalle.edu.br/>>. Acesso em: 26 jul. 2004.

CHIAVERINA, C.; SCOTT, C.; STEELE, P. The connections project: art, physics and mathematics. **The Physics Teacher**, College Park, v. 35, n. 5, p. 292-294, May 1997.

DALE, D. A.; BAYLEY, B. L. Physics in the art museum. **The Physics Teacher**, College Park, v. 41, n.2, p. 82-83, Feb. 2003.

DE LUCA, G. C. **La física dell'occhio illustrata da simulazione Java**. 2001. Tesi di laurea in física. Disponível em: <<http://www.ba.infn.it/~evangel/deluca/capitolo4.html>>. Acesso em: 05 out. 2003.

DE OLHO aberto: fenômenos da óptica geométrica. Direção de Danny Fridman e Rafael Pompéia. São Paulo: Departamento de cinema, rádio e televisão da ECA, 1998. 1 fita de vídeo (22 min).

DOOL JUNIOR, W. E. **Currículo**: uma perspectiva pós-moderna. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997. 224p.

DRIVER, R. Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 4, n. 1, p. 3-16, marzo 1986.

ENCICLOPÉDIA gênios da pintura. São Paulo: Abril Cultural. 1968. v. 41.

FACULDADES PORTO-ALEGRENSES. **Ciências**: licenciatura plena, habilitação em matemática. Disponível em: < <http://www.fapa.com.br/pagmat.htm>>. Acesso em: 26 jul. 2004.

FALZETA, R.; GENTILE, P. Mais paixão no ensino de ciências. **Nova Escola**, São Paulo, v.18, n.159, p. 19-21, jan/fev. 2003.

FIGUEIREDO, A.; PIETROCOLA, M. **Luz e cores**. São Paulo: FTD, 1997. 63p.

FOTOGRAFIA: manual completo de arte e técnica. São Paulo: Abril Cultural, 1978. 399p.

GLEISER, M. Por que ensinar física? **Física na Escola**, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 4-5, out. 2000.

GRAF. **Física 2**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1993. v. 2.

HEWITT, P. G. **Física conceitual**. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002. 685p.

MARCO referencial. Porto Alegre: Colégio Farroupilha, 1996. 27p.

MOREIRA, M. A. **Teorias de aprendizagem**. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, 1999. 195p.

MORETZSOHN, R. S. T.; NOBRE, E. F.; DIEB, V. Introdução ao ensino da física: uma abordagem fenomenológica ou matemática? In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 15., 2003, Curitiba. **Atas**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2003. p. 904-909. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xv/>>. Acesso em: 27 jul. 2004.

MORTIMER, E. F.; CHAGAS, A. N.; ALVARENGA, V. T. Linguagem científica versus linguagem comum nas respostas escritas de vestibulandos. In: **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 3, n. 1, p. 7-19, jan. 1998. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm#volume/>>. Acesso em: 31 ago. 2004.

NEVES, I. C. B. et al. **Ler e escrever**: compromisso de todas as áreas. 2. ed. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 1999. 231p.

PEDROSA, I. **Da cor à cor inexistente**. 9. ed. Rio de Janeiro: Léo Christiano Editorial, 2003. 219p.

PERUZZO, F. M.; CANTO, E. L. **Química na abordagem do cotidiano**. 2. ed. São Paulo: Moderna, 2002. 584p.

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL. **Cursos de graduação**. Disponível em: <<http://www.pucrs.br>>. Acesso em: 25 jul. 2004.

REGO, T. C. **Vygotsky**: uma perspectiva histórico-cultural da educação. Petrópolis: Vozes, 1996. 138p.

SACKS, O. W. **Um antropólogo em marte**. 3. ed. São Paulo: Companhia das Letras, 1995. 360p.

SAGAN, C. **O mundo assombrado pelos demônios**: a ciência vista como uma vela no escuro. São Paulo: Companhia das Letras, 1996. 441p.

SCHROEDER, C. **Atividades experimentais de física para crianças de 07 a 10 anos**. Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, Mestrado Profissionalizante em Ensino de Física, 2005. 57 p. (Textos de apoio ao professor de física, v.16).

SIQUEIRA, H. S. G.; PEREIRA, M. A. **A Interdisciplinaridade como superação da fragmentação**. Santa Maria: Centro de Educação – UFSM, 1995. (Caderno de pesquisa, n. 68). Disponível em: <<http://www.angelfire.com/sk/holgonsi/interdiscip3.html>>. Acesso em: 31 ago. 2004.

SOUZA, P. N. P.; SILVA, E. B. **Como entender e aplicar a nova LDB**: lei nº 9394/96l. São Paulo: Pioneira, 1997. 140 p.

STHAL, F. A. Physics, language, and literature. **The Physics Teacher**, College Park, v. 35, n. 3, p. 143-145, Mar. 1997.

STRECK, D. **Correntes pedagógicas**: aproximações com a teologia. Petrópolis: Vozes, 1994. 136p.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ. **As cores da luz**. Disponível em: <<http://www.fisica.ufc.br/coresluz3.htm>>. Acesso em: 30 set. 2003.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL. **Unidades**. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/>>. Acesso em: 26 jul. 2004.

UNIVERSIDADE LUTERANA DO BRASIL. **Graduação**: cursos em andamento. Disponível em: <<http://www.ulbra.br/>>. Acesso em: 25 jul. 2004.


UNIVERSIDADE VALE DO RIO DOS SINOS. **Graduação**. Disponível em: <<http://www.unisinos.br/cursos/graduacao>>. Acesso em: 26 jul. 2004.

VASCONCELLOS, C. S. **Disciplina consciente e interativa**. 5. ed. São Paulo: Libertad, 1995. 112p.

VYGOTSKY, L. S. **Pensamento e linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 1987. 135p.

WOOLF, L. D. Confusing color concepts clarified. **The Physics Teacher**, College Park, v. 37, n. 4, p. 204-206, Apr. 1999.

APÊNDICE I

Laboratório de Física		
Nome:	Nº:	
Série:	Turma:	Data: . . / . . /

Definindo onda como uma perturbação

Objetivo: Observar o comportamento de uma perturbação na superfície de um líquido, evidenciando o fenômeno da difração para, por meio de analogias, explorar o caráter ondulatório da luz.

Introdução: Até a metade do século dezenove, havia duas teorias conflitantes para explicar a natureza da luz. Uma delas afirmava que a luz era constituída de corpúsculos, enquanto a outra sustentava que a luz era uma onda. Assim, duas perguntas são importantes: O que é a luz? De que ela é feita? A resposta a essas duas questões nos permite construir uma teoria dos fenômenos luminosos. Hoje se sabe que as idéias trazidas pelas duas teorias que versam sobre a natureza da luz coexistem, pois existem situações em que a luz se comporta como um corpúsculo (teoria corpuscular) e situações em que a luz se comporta como onda (teoria ondulatória).

O principal fenômeno que mostra o caráter ondulatório da luz é conhecido por difração. Ele consiste no fato da onda contornar um obstáculo. As demonstrações que seguem pretendem explorar esse fenômeno.

Procedimento – 1ª Parte: Utilizando uma cuba de ondas com água montada sobre um retroprojetor, vamos provocar uma perturbação na superfície da água. Essa perturbação será produzida por um objeto pontiagudo. Observe a imagem formada pelo retroprojetor e as discussões para completar seu roteiro de atividades.

1) O que é uma onda? Uma onda é uma perturbação que se propaga no espaço. Observe a imagem projetada na parede e represente, no espaço ao lado, o comportamento da água quando tocamos sua superfície com um objeto pontiagudo. Descreva o que você observa:

.

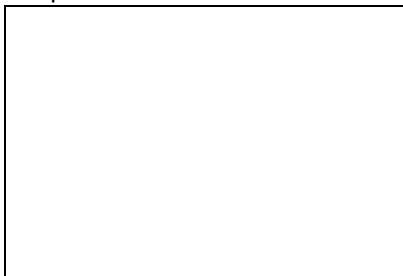


2) Uma onda transporta matéria? Para respondermos a essa questão, vamos observar o comportamento de um pequeno pedaço de massa de modelar sobre a superfície da água. Descreva o que acontece com o objeto, quando provocamos perturbações na superfície da água, e procure responder a questão inicial, justificando a sua resposta:

.

3) Observando o comportamento da onda ao atravessar uma fenda: Usando dois obstáculos para formar uma pequena fenda, podemos observar o fenômeno da difração. Para isso, vamos produzir perturbações na superfície da água usando uma régua. A largura da fenda será controlada a partir da

distância entre os dois obstáculos. Observe a demonstração e represente, por meio de um desenho, o comportamento da onda ao atravessar a fenda.



Descreva o que acontece com a onda à medida que vamos aproximando os dois obstáculos, ou seja, diminuindo a largura da fenda.

.

Quando a onda contorna a fenda dizemos que ela sofreu o fenômeno da **difração**.

Procedimento – 2ª Parte: Como dissemos no início da atividade, o fenômeno da difração evidencia o caráter ondulatório da luz. Assim, se a luz é uma onda, ela também deverá sofrer a difração ao atravessar uma fenda ou contornar um obstáculo. Para isso, vamos usar uma fonte *laser* para mostrar que, com a luz, acontece o mesmo fenômeno.

1) Usando uma fenda de largura variável: A experiência consiste em fazer o feixe de raios *laser* atravessar uma fenda. Como podemos controlar a largura da fenda, inicialmente vamos utilizar a maior largura. Antes de realizarmos a experiência, discuta com os colegas e escreva o que o grupo espera que aconteça após o *laser* atravessar a fenda.

.

2) O que acontecerá com o *laser* ao encontrar a menor largura possível para a fenda? Comente com o grupo e registre o que é esperado pelos componentes.

.

3) Realizada a experiência, o que o grupo observou?

.

4) Que relação podemos estabelecer entre o que vimos com a água no item 3 da 1ª parte e o que estamos verificando com a luz? Você percebe o caráter ondulatório da luz?

.

5) Observando a difração da luz ao encontrar um fio de cabelo: O fio de cabelo se comporta como um obstáculo que é colocado no caminho do raio *laser*. Desenhe, no espaço ao lado, a figura de difração que você vê na parede.




A partir da discussão sobre as observações, podemos definir a luz como uma onda eletromagnética. Diferentemente da primeira situação, na cuba de ondas, onde a perturbação provocada se propagou em um meio material que, no caso era a água, a luz não precisa de um meio para se propagar. Um exemplo que justifica esse fato é a luz proveniente do Sol que percorre uma distância muito grande sem que haja matéria trazendo essa energia até a Terra.

Laboratório de Física

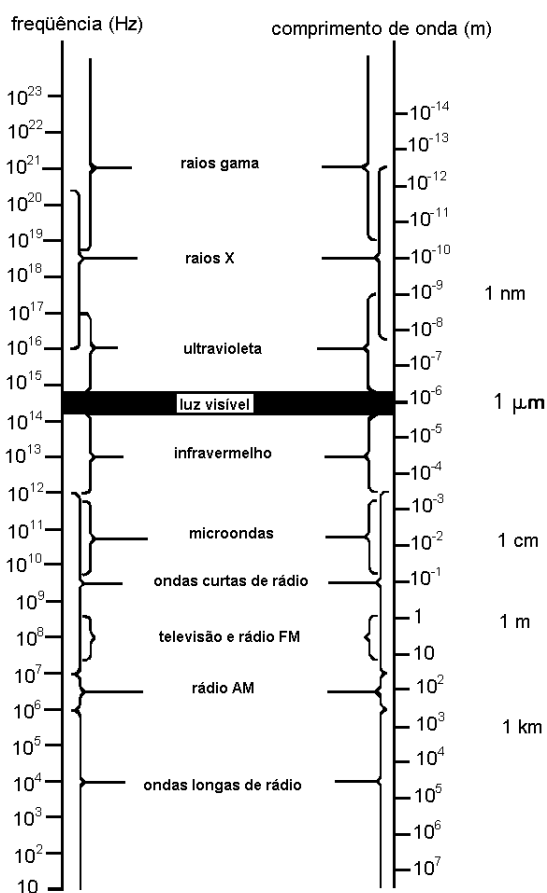
Nome: N°

Série: Turma: Data: .. / .. / ..



O espectro eletromagnético

Objetivo: Compreender a luz como uma radiação que ocupa uma pequena faixa do espectro eletromagnético, associando esse conhecimento às cores que conhecemos e convivemos no nosso dia-a-dia.



O fenômeno da difração nos mostra o caráter ondulatório da luz. A luz é uma onda eletromagnética que, juntamente com outras radiações, tais como raios X, infravermelho e microondas, pode ser localizada na figura ao lado. As radiações estão organizadas em um esquema chamado *espectro eletromagnético*. Todas essas radiações têm em comum a sua velocidade de propagação, diferindo apenas na frequência de vibração e no comprimento de onda.

- A) O que acontece com o comprimento de onda à medida que diminui a frequência de vibração?
-
-
-
-
- B) Escolha pelo menos três radiações das que estão mostradas no espectro ao lado e relacione com aplicações que você conhece do seu dia-a-dia.
-
-
-
-

As frequências do espectro eletromagnético diferem de acordo com a natureza da fonte de radiação. Quanto maior a energia, maior a frequência e mais próximo do interior do átomo é a sua origem. É importante observar que, de todo o espectro eletromagnético, apenas uma pequena faixa é possível de ser percebida pelo nosso olho.

Localize no espectro a faixa correspondente à luz visível. Qual é o intervalo de frequência de oscilação da luz? E qual é a faixa de comprimento de onda da luz visível?

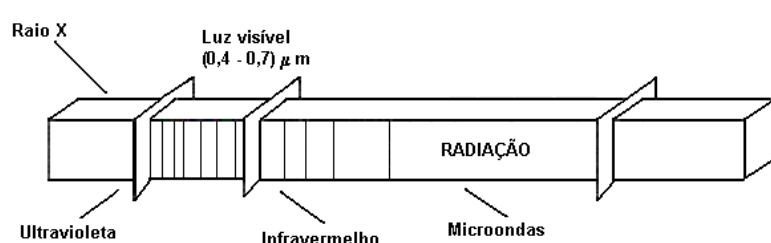
..... Na faixa de frequência correspondente à luz visível, as fontes são oscilações ou transições dos elétrons entre as camadas mais externas dos átomos.

Mas onde estão as cores que nós vemos? Isaac Newton, ao fazer a luz proveniente do Sol atravessar um prisma, observou que a mesma se separa nas diversas cores do arco-íris. Podemos simular a experiência de Newton, usando um prisma de vidro e um projetor de slides. Cada cor

corresponde a uma frequência de vibração da onda. Assim, no espectro eletromagnético, cada cor também terá o seu lugar bem definido.

Observando a figura abaixo, responda:

Qual a cor que possui menor comprimento de onda? Qual a cor que possui maior comprimento de onda? Ainda utilizando a figura, escreva, do menor ao maior comprimento de onda, na seqüência correta, o nome de cada cor do espectro visível.



- 1)
- 2)
- 3)
- 4)
- 5)
- 6)
- 7)

Newton descobriu também outra propriedade dos raios simples, que permite defini-los quantitativamente, sem levar em conta a natureza da substância que atravessam. Trata-se de seu comprimento de onda. Data daí a perda da importância da nomenclatura da cor para os físicos, uma vez que todos os cálculos e aferições dos matizes são feitos e expressos matematicamente em milimícrons, fugindo das confusões e imprecisões vocabulares e sensíveis.

O equívoco de Newton: Ao deduzir que a mesma síntese obtida com as cores-luz (o branco) poderia também ser conseguida, utilizando cores-pigmento em movimento, ele construiu um disco que leva seu nome, o chamado Disco de Newton. Observando o espectro eletromagnético, podemos ver que cada cor ocupa uma faixa de determinada largura. Newton utilizou-se desse fato para construir o seu disco. A tabela abaixo mostra a largura da faixa ocupada pelas cores no espectro.

Luz	Comprimento de onda (10^{-7} m)	Frequência (10^{14} Hz)
Violeta	4,0 a 4,5	6,7 a 7,5
Anil	4,5 a 5,0	6,0 a 6,7
Azul	5,0 a 5,3	5,7 a 6,0
Verde	5,3 a 5,7	5,3 a 5,7
Amarelo	5,7 a 5,9	5,0 a 5,3
Alaranjado	5,9 a 6,2	4,8 a 5,0
Vermelho	6,2 a 7,5	4,0 a 4,8

Transportando para um disco de cartão a seqüência das cores espectrais e dando a cada uma a área proporcional que elas têm no espectro, quando se gira o disco numa velocidade de 50 a 80 rotações por minuto, as sete cores reduzem-se a três, correspondendo às cores primárias. Aumentando a velocidade de rotação, ocorre o desaparecimento gradual dos azuis. A partir de 800 rotações por minuto, a mistura das luzes coloridas, refletidas pelas cores-pigmento, causa a sensação de uma cor ocre bastante forte, e não de branco, como vem sendo difundido há mais de três séculos. (PEDROSA, 1995. p. 50-51)

Atividade: Discutindo sobre a cor dos objetos. Uma vez que o espectro tem lugar para todas as cores, que relação tem isso com a cor dos objetos?

Para discutir, vamos usar uma transparência com motivos florais e filtros coloridos. Utilizando filtros em vermelho, verde, azul, ciano, magenta e amarelo, colocados sobre a transparência, observe como as cores da figura se apresentam para nós. Escreva, na tabela abaixo, qual a cor das flores e das imagens ao redor quando, sobre a transparência, colocamos filtro:



Cor do filtro	Flores	Imagens ao redor das flores
Verde		
Vermelho		
Azul		
Amarelo		
Ciano		
Magenta		

A partir das observações, você é capaz de dizer quais são as verdadeiras cores que predominam na figura que está sendo projetada?

.....

Como devemos proceder para vermos as reais cores da figura?

.....

A partir da observação, podemos nos perguntar: será que os objetos sempre apresentam a mesma cor?

.....

.....

Laboratório de Física

Nome: N°

Série: Turma: Data: . . / . . /



Princípio da Propagação Retilínea da Luz

Objetivo: Trabalhar diferentes situações experimentais analisando o princípio da propagação retilínea da luz para explorar sua aplicação na formação de imagem em uma câmara escura.

Introdução: Um objeto se torna visível quando a luz emitida ou refletida por ele chega até os nossos olhos. Quando entramos em um ambiente desconhecido e escuro, não conseguimos, apenas através da visão, identificar os objetos que lá estão. Assim, a luz é essencial no processo da visão. É ela que nos permite reconhecer os objetos, bem como suas características quanto à forma, ao tamanho, à cor ou à textura, sem que precisemos tocá-los. Na atividade anterior, definimos luz como uma radiação eletromagnética que ocupa uma pequena faixa do espectro eletromagnético. Não podemos, no entanto, ver a luz. Não sabemos como ela é ou como ela se propaga.

A atividade que segue pretende abordar essas questões.

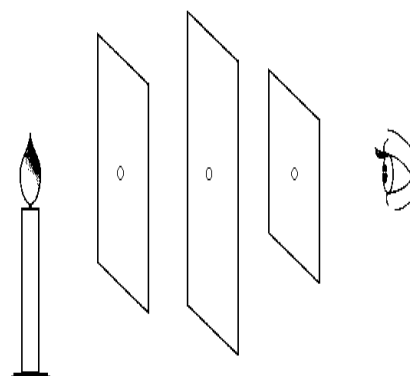
Procedimento – 1ª Parte: Como a luz se propaga?

A) Você dispõe de uma vela e três cartões com um pequeno orifício. Coloque os cartões na posição vertical, deixando, entre eles, uma distância aproximada de 10 cm. Posicione-se de forma que você consiga ver a chama da vela através dos orifícios. Como devem ser colocados os cartões de forma que você possa receber, no seu olho, a luz proveniente da chama? .

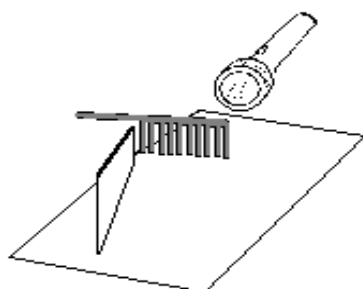
.

B) Desloque o cartão central aproximadamente um centímetro para a esquerda. Posicione-se novamente como foi feito na situação anterior. Você consegue ver a chama da vela? Justifique:

.



Procedimento – 2ª Parte: Utilizando um pente, um espelho, uma folha de papel e uma fonte de luz, faça a montagem de acordo com a figura ao lado. Ligue a fonte de luz e observe o comportamento dos raios luminosos. Complete o desenho, representando os raios luminosos incidentes no espelho e refletidos pelo mesmo.



Procedimento – 3ª Parte: Usando uma fonte-laser, podemos ver o caminho seguido pelos raios luminosos. Observe o que acontece quando colocamos pó de giz no caminho do feixe luminoso. O feixe de luz passa a ser espalhado pelas partículas de giz, tornando-o visível.

Qual a forma da trajetória seguida pelos raios luminosos?

.

A partir das situações exploradas anteriormente, podemos generalizar afirmando que “em meios homogêneos, a luz se propaga em linha reta”. Essa afirmação consiste no Princípio da Propagação Retilínea da Luz.

Procedimento – 4ª Parte: Uma questão intrigante: Será que a luz faz curva? Será que podemos “entortar” a luz?

Ainda utilizando o laser, localize o ponto luminoso na parede. Sem movimentar a fonte-laser, vamos colocar a sua frente, um prisma transparente.

A) O ponto luminoso continua no mesmo lugar? Como o feixe de laser se comporta dentro do prisma? . . .

.....

B) Agora vamos fazer o feixe de laser passar por uma fibra óptica. As fibras ópticas são amplamente utilizadas na transmissão de dados e de informações. Observe a demonstração e responda: Conseguimos “entortar” a luz dentro da fibra óptica?

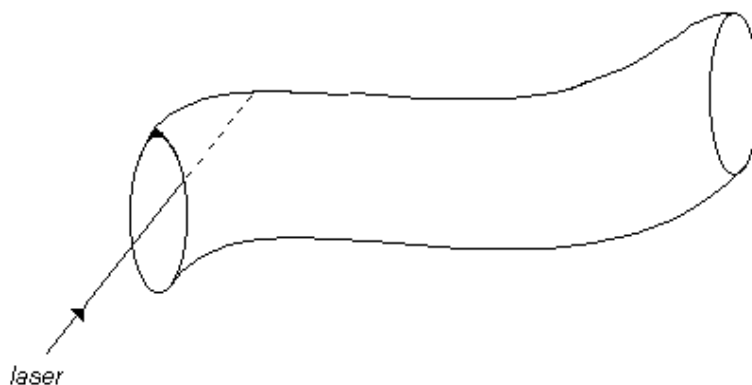
.....


Procedimento - 5ª Parte: Usando uma garrafa transparente com água e algumas gotas de detergente, podemos entender o que acontece dentro de uma fibra óptica.

A) Observe e descreva o caminho do feixe de laser na água.

.....

B) A figura abaixo representa uma fibra óptica. Complete o desenho, mostrando como a luz se propaga dentro da fibra.



Laboratório de Física		
Nome:	Nº	
Série:	Turma:	Data: . . / . . /

A câmera escura

Objetivo: Explorar e vivenciar o processo de formação da imagem em uma câmera escura, associando-o à formação da imagem no olho humano.

Introdução: Quando hoje utilizamos uma máquina fotográfica digital, basta um “clique” e temos uma fotografia. Quantas palavras uma fotografia substitui? Existe alguma relação ao comparar os processos de elaboração da palavra escrita com o da fotografia? Qual é a importância da fotografia na construção da memória de fatos, de acontecimentos, de fenômenos, de acidentes que aconteceram no passado ou das pessoas que existiram? O cinema, a televisão, o vídeo, o computador seriam hoje possíveis, caso a fotografia não tivesse sido descoberta? Questões como essas surgem quando temos oportunidade de trabalhar com o princípio da fotografia.

Não se sabe ao certo qual a gênese da fotografia, mas supõe-se que, no ano 1000, já era conhecido o princípio óptico da máquina fotográfica. Um aparelho, de nome Câmera Escura, constituído por um orifício, era utilizado por astrônomos árabes para registro dos contornos e das diferentes posições da imagem do Sol ou mesmo da Lua.

Já no século XVI, Leonardo da Vinci descrevia nos seus livros de notas, uma câmera escura com uma lente, faltando-lhe apenas descobrir uma forma de registrar uma imagem para produzir uma fotografia. Supõe-se que tenha sido Johann Schulze quem concebeu a tecnologia básica necessária para o desenvolvimento da fotografia no ano de 1727; mas é só no século XIX que ganha algum destaque, pelas mãos de dois artistas franceses, Joseph Nicéphore Niépce e Jacques Louis Daguerre, e dois artistas ingleses, Thomas Wedwood e William Henry Fox Talbot. Contudo, as primeiras experiências com êxito nesse campo são atribuídas a Nicéphore Niépce - embora muitos outros já se dedicassem a diligências semelhantes - deixando como herança a mais antiga reprodução em placa fotográfica e um processo por desenvolver. Depois de Niépce morrer na miséria, em consequência dos seus esforços incansáveis para desenvolver e trazer a público a sua descoberta, o seu filho e o pintor Jacques Louis Daguerre lançam-se no desafio de aprofundar as investigações científicas por ele iniciadas. Desenvolve-se, assim, em 1839, um processo que permitia captações mais duradouras - o **Daguerreótipo**.

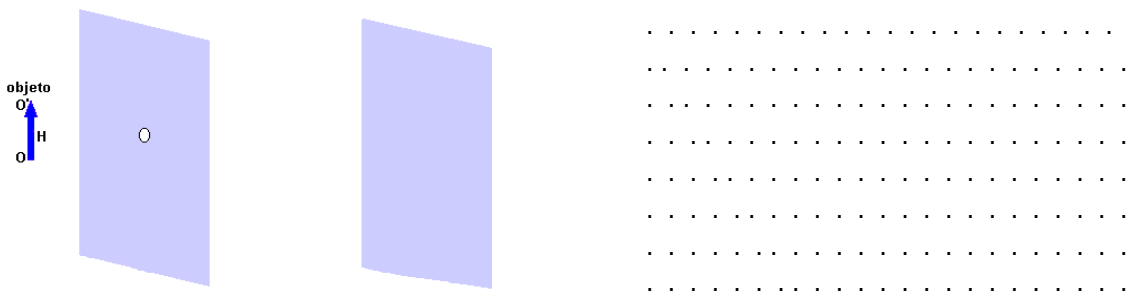
Referência: texto adaptado de <http://www.appm.pt/produtos003.html>

Como funciona a câmera escura? Utilizando uma caixa de papelão com um pequeno orifício em uma das laterais e um papel vegetal, como anteparo, na lateral oposta, construímos uma câmera escura. Podemos observar a imagem de uma lâmpada em uma câmera escura, aproximando a lâmpada ao orifício. Descreva a imagem que você está observando:

.

.

Como essa imagem é construída? A propagação retilínea da luz é responsável pela formação da imagem quando a luz entra na câmera escura. Observando a construção da imagem a partir da utilização de transparências, complete a figura que segue, mostrando a imagem construída. Ao lado, descreva o processo de formação da mesma.

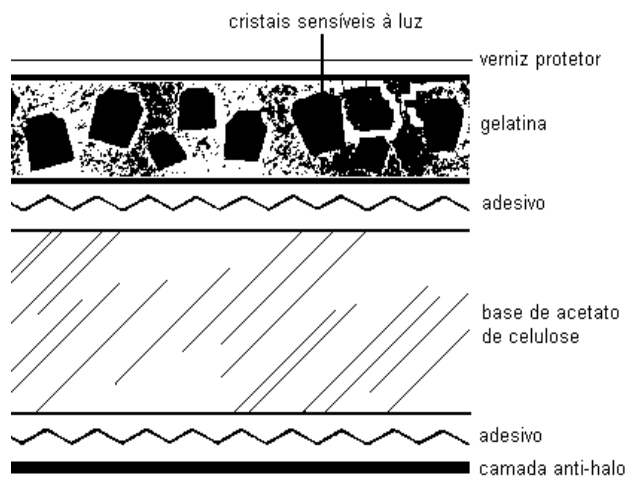


A evolução do processo da fotografia e a necessidade da obtenção de imagens cada vez melhores e mais nítidas levaram a inclusão de alguns elementos na câmera escura dos quais destacamos:

- o visor que permite o enquadramento do objeto ou da cena;
- a lente móvel que permite dirigir e concentrar a quantidade de luz que passa pelo diafragma, produzindo imagens sempre nítidas para objetos situados a diferentes distâncias;
- o diafragma com abertura variável e controle do tempo de exposição (velocidade) que determina a quantidade de luz que atinge o filme.

Ao observarmos a máquina fotográfica, percebemos relações com a formação de imagens no olho. Análogo ao obturador ha, no olho, a À lente móvel, temos o e, desempenhando a função do filme fotográfico, no olho temos a

Um questionamento: O que aconteceria se o papel vegetal da câmera escura fosse substituído por um filme fotográfico?



O filme fotográfico é sensível à luz. Assim como uma roupa colorida desbota quando exposta ao Sol durante certo tempo, a luz, ao incidir sobre a superfície do filme fotográfico, interage com o mesmo, impressionando-o. A figura ao lado mostra a estrutura do filme fotográfico que é constituído por várias partes, cada uma, com uma função específica. Apresentando uma espessura aproximada de 0,125mm, é formado por uma camada de acetato de celulose que dá estrutura ao mesmo. Sobre ela é colocada uma camada de gelatina (chamada de emulsão do filme fotográfico) onde estão imersos cristais sensíveis à luz. Esses

cristais, geralmente, são formados de prata e bromo cujos átomos, em forma de íons, são unidos por atração elétrica. Além desses íons, os cristais contém impurezas chamadas de pontos de sensibilidade como, por exemplo, sulfeto de prata, fundamentais na captura da imagem.

O processo de formação da imagem se dá quando a luz, ao incidir sobre o filme, interage com os cristais que se encontram na camada de gelatina. O elétron extra do íon brometo recebe energia e se move para o ponto de sensibilidade. Por atração elétrica, íons de prata se juntam a esse ponto de

sensibilidade onde os elétrons irão se unir a esses íons, neutralizando-os e formando átomos de prata. Inicia-se assim a formação de uma imagem latente que somente se tornará visível após o processo de revelação. Abaixo da camada de acetato de celulose, encontra-se a *camada anti-halo* cuja função é evitar que a luz que, eventualmente atravessar o filme sem interagir com os cristais, sofra reflexão, formando halos nas partes claras da fotografia.

É na etapa da revelação do filme que a imagem da cena fotografada toma forma e pode ser identificada. A função da revelação é *“libertar a prata metálica dos cristais da emulsão do filme, para que ela forme a imagem. O agente revelador atua sobre os cristais decompostos (que formam a imagem latente), separando a prata do bromo; esse se combina com o revelador enquanto a prata permanece na emulsão, formando as partes escurecidas do negativo, ou seja, as partes iluminadas da imagem.”* A cor escura se deve aos átomos de prata formados na revelação, e a cor branca ocorre nos locais onde a prata ainda está na forma de íon de prata.

A fim de evitar modificações na imagem obtida, faz-se necessária a remoção dos cristais que não foram afetados pela luz, uma vez que os mesmos podem vir a ser, caso sejam expostos novamente. Isso é feito por meio do processo chamado *fixação*, que consiste em mergulhar o filme em uma solução aquosa de tiosulfato de sódio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$). Em condições normais, o fixador dissolve os cristais de brometo de prata que não interagiram com a luz sem afetar a prata que formou a imagem.

Procedimento experimental: Vivenciando o processo da fotografia usando uma *lata*.

Pensando no trabalho desenvolvido, registre algumas considerações sobre o que é solicitado abaixo.

1. Que dificuldades o grupo encontrou no processo de conseguir tirar fotografias com a máquina construída?

2. O que interferiu na qualidade da fotografia que o grupo obteve?


3. O tamanho do orifício na máquina fotográfica influi na qualidade das fotos?

4. Por que o interior da máquina fotográfica deve ser pintado de preto?

5. Qual a importância da intensidade luminosa na hora de fotografar?

6. A obtenção de fotografias com sua máquina é um processo físico ou um processo químico? Justifique.

.....
.....
.....

Laboratório de Física		
Nome:	Nº:	
Série:	Turma:	Data: . . / . . /

A cor na visão do físico e na visão do artista

Objetivo: Discutir as diferentes visões sobre cores a partir da ótica do físico e do artista para entender o mundo colorido no qual estamos inseridos.

Introdução: A cor não tem existência material: é apenas uma sensação visual. O conceito de cor depende da iluminação existente sobre os objetos. A melhor reprodução de cores ocorre quando os objetos são iluminados por luz solar. A seguir, vem a lâmpada incandescente. As melhores lâmpadas fluorescentes têm um índice de reprodução de cores em torno de 85%.

A maior parte dos objetos encontrados na natureza não emite luz própria; esses objetos absorvem uma parte e refletem outra parte da luz que incide sobre eles. A cor de um objeto é determinada pela composição da luz por ele refletida. Os objetos vermelhos absorvem todos os raios do espectro visível exceto os vermelhos, isto é, esses últimos são refletidos. Os objetos verdes absorvem o vermelho, o azul e o violeta, enquanto que os objetos amarelos absorvem uma estreita faixa do espectro visível que corresponde ao azul-violeta e refletem os raios verdes, amarelo e alaranjado.

Os físicos, ao se referirem às cores, tratam sobre a cor-luz. *Cor-luz* (ou luz colorida) é a radiação luminosa visível que tem como síntese aditiva a luz branca. As cores *vermelha*, *azul* e *verde* são chamadas de cores primárias pelos cientistas. A mistura de, pelo menos, duas delas origina outras tantas cores com as quais já estamos acostumados. Podemos conseguir isso apenas variando a intensidade de cada uma. O artista trabalha com a cor-pigmento que difere em suas cores primárias se comparada à cor-luz. Para ele, as cores primárias de pigmento opaco (tinta) são o *amarelo*, o *azul* e o *vermelho*. A mistura dessas três cores produz o cinza-neutro por síntese subtrativa. *Cor-pigmento* é a substância material que, conforme sua natureza, absorve, refrata e reflete os raios luminosos componentes da luz que se difunde sobre ela. Na impressão de livros ou em filmes fotográficos coloridos são usados os pigmentos transparentes. Suas cores primárias são o *amarelo*, o *ciano* e o *magenta*. Cada uma delas funciona como filtro, permitindo a passagem de alguns comprimentos de onda e impedindo a passagem de outros.

Atividade 1: Brincando com as sombras coloridas. Utilizando três projetores de slides e filtros com as cores primárias de luz, vamos explorar a mistura das luzes coloridas. Inicialmente, observe e registre, no espaço abaixo, a cor que vemos quando misturamos:

Luz verde + luz vermelha:

Luz verde + luz azul:

Luz vermelha + luz azul:

Luz verde + luz vermelha + luz azul:

Os artistas impressionistas produziam suas telas ao ar livre, iluminadas pela luz do Sol, o que implicava em pouca utilização da cor preta, trabalhando com as cores inclusive para representar regiões

de sombra. Mas como identificar a cor da sombra? A partir da obtenção do branco, projetado pela mistura das três cores primárias de luz, vamos explorar as sombras dos objetos. Para isso, coloque a sua mão na frente da região branca. Movimente-a até encontrar regiões de sombra. Quais as cores das sombras que você pode observar? Justifique cada uma delas explicando como elas se formam.

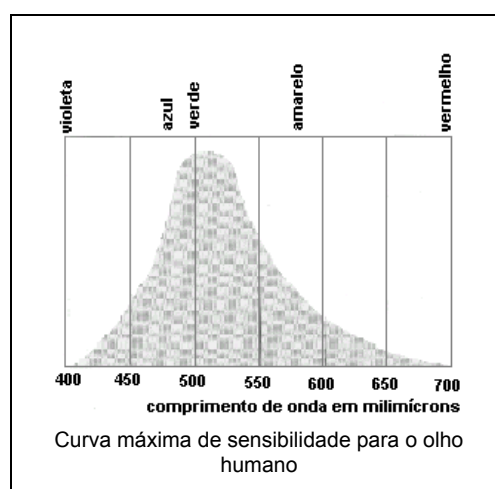
.....

 Como você explica a região escura observada no centro da figura projetada?

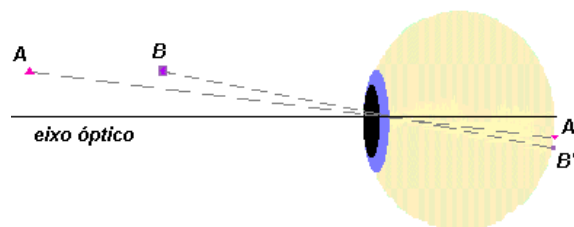
.....

 O que é o *preto* para os físicos?

Na retina, existem três tipos de receptores luminosos, associados às três cores primárias de luz: azul, verde e vermelho. Tais receptores são chamados de *cones*. São eles os responsáveis por todas as sensações de cores. Estimulando os três ao mesmo tempo, com a mesma intensidade, é produzida a sensação visual a que chamamos de branco. A figura ao lado mostra a sensibilidade relativa dos três tipos de cones na retina humana.



Atividade 2: O Pontilhismo. Aprofundando as proposições cromáticas dos impressionistas, surgem Georges Seurat e Paul Signac, criando o *divisionismo* ou *pontilhismo*. Leituras como a “Gramática da Arte do Desenho”, “Sobre a Lei do Contraste Simultâneo das Cores” e “Teoria Científica das Cores” passam a fundamentar Seurat na sua obra opondo-se frontalmente ao lirismo e à improvisação dos impressionistas. Seurat lança-se à Arte Científica. Ele inventa um método ao qual dá o nome de *pintura óptica*. “Ao invés de misturar cores, as justapõe, de modo que se conservem puras na tela e se combinem apenas na retina do espectador”. (Gênios da Pintura). O rigor científico dado por Seurat à sua obra lhe levava a acreditar que era possível a criação de um quadro a partir de rigorosos cálculos matemáticos. Seurat e Signac utilizavam apenas as três cores primárias aplicadas em pequenos pontos ou traços. Assim, para obter a cor verde, a tela era salpicada de azul e amarelo na medida certa, definida em função da tonalidade que desejavam. O espectador, ao observar a obra a uma certa distância, percebe a cor verde devido à mistura feita na sua própria retina.



O fenômeno da difração, abordado na segunda aula, juntamente com a distribuição de fotorreceptores presentes na nossa retina, são fatores relevantes no entendimento da observação de uma obra pontilhistas. A figura ao lado mostra o que acontece quando o olho recebe luz emitida por duas fontes pontuais. A luz, ao passar pela pupila, abertura no olho que permite a entrada da luz, sofre difração. Isso ocorre com cada feixe de luz proveniente das fontes **A** e **B**. Independente da localização das fontes em relação ao olho, ocorre formação das imagens **A'** e **B'**. Se as fontes estiverem próximas ao olho. As imagens se formam em lugares bem definidos e distanciados na retina fazendo com que sejam percebidos dois pontos distintos. Se afastarmos as duas fontes em relação ao olho, essas imagens se aproximam na retina de tal forma que não conseguiremos mais separar as duas imagens. Assim, na

retina, passa a se formar uma única imagem dada pela sobreposição dos dois máximos centrais de difração. Logo, para objetos muito distantes, não conseguiremos mais separar as duas imagens. Esse fato é explorado pelo Pontilhismo. Uma obra pontilhista, sendo observada de perto, nos permite separar cada ponto pintado pelo artista. Ao contrário, se nos colocamos longe da mesma, as imagens de cada ponto começam a se sobrepor, fazendo com que cada um não possa mais ser percebido separadamente. Assim, o olho, que é sensível à luz, passa a misturar as cores, e o que vemos é uma imagem contínua.

Procedimento: A experiência consiste em observar, através de um pequeno orifício feito em uma cartolina, dois outros orifícios circulares distantes cerca de quatro milímetros entre si, confeccionados em cartolina e fixados na frente de uma lente de projetor de slides. Cada orifício permite a passagem de um estreito feixe de luz.

A) Posicione-se acerca de um metro do projetor e visualize os dois orifícios circulares. Nessa posição, seu olho consegue separar as duas imagens? Represente, no espaço ao lado, o que você está vendo.



B) Vá se afastando lentamente e procure localizar a posição para a qual você não consegue mais separar os dois pontos. A que distância você está do projetor nessa situação? Descreva a imagem observada para essa situação:

C) Observação de uma obra pontilhista.

Laboratório de Física

Nome: N°

Série: Turma: Data: . . / . . /

**Atividade de auto-avaliação**

Durante o mês de outubro, realizamos um estudo sobre a luz com o objetivo de *trabalhar uma abordagem interdisciplinar com o tema **Luz e Cores** como um conteúdo de Ciências para a oitava série do Ensino Fundamental trazendo à tona problemas de nomenclatura e questões conceituais (Woolf, 1999), propondo atividades experimentais para que se possa abrir um leque de possibilidades de trabalho na referida série (Stahl, 1997; Dale e Bailey, 2003).* Para isso, utilizamos como material didático, roteiros com encaminhamento de atividades teórico-práticas, equipamentos de laboratório e transparências. Iniciamos a aplicação da proposta de trabalho, utilizando um filme com o título “Fenômenos da Óptica Geométrica”, produzido pela USP, com a intenção de retomar e organizar alguns conhecimentos que já possuíamos, de trabalhos desenvolvidos, ao longo do ano sobre o comportamento da luz.

Essa atividade de auto-avaliação tem o objetivo de fazer com que você pare um momento para refletir sobre o trabalho que estamos concluindo. Para isso, pense um pouco nas questões que seguem, dissertando brevemente sobre cada uma:

1. No início do trabalho, após termos assistido ao filme, citado anteriormente, foi-lhe solicitada a construção de uma câmera escura para fazermos fotografias em atividade que iria ser desenvolvida no final da aplicação da nossa proposta. Esse material deveria ser desenvolvido em grupos e preparado com antecedência para que pudesse ser utilizado em data previamente estabelecida. Como esteve a organização desse material durante as atividades?

.....

2. A disciplina de Física, por si, requer uma certa concentração e envolvimento com as atividades propostas. Isso faz com que pensemos um pouco sobre as conversas e as eventuais distrações que possam ter ocorrido durante as aulas. Como você se vê nesta questão?

.....

3. A tabela abaixo mostra os objetivos específicos que pretendemos atingir com o trabalho desenvolvido em aula. Marque um (X) nas últimas colunas, visando mostrar o seu grau de satisfação em cada atividade realizada. Os códigos que estaremos utilizando estão mostrados ao lado.






Muito satisfeito com a atividade



Satisfeito com a atividade



Insatisfeito com a atividade

	Título	Objetivo			
Atividade 1	<i>Filme: Fenômenos da Óptica Geométrica</i>	Retomar e organizar alguns conhecimentos que já possuíamos, de trabalhos desenvolvidos, ao longo do ano, sobre o comportamento da luz.			
Atividade 2	<i>Definindo onda como uma perturbação</i>	Observar o comportamento de uma perturbação na superfície de um líquido, evidenciando o fenômeno da difração para, por meio de analogias, explorar o caráter ondulatório da luz.			
Atividade 3	<i>O espectro eletromagnético</i>	Compreender a luz como uma radiação que ocupa uma pequena faixa do espectro eletromagnético, associando esse conhecimento às cores que conhecemos e com que convivemos no nosso dia-a-dia.			
Atividade 4	<i>Princípio da Propagação Retilínea da Luz</i>	Trabalhar diferentes situações experimentais, analisando o princípio da propagação retilínea da luz, para explorar sua aplicação na formação de imagem em uma câmara escura.			
Atividade 5	<i>A cor na visão do físico e na visão do artista</i>	Discutir as diferentes visões sobre cores a partir da ótica do físico e do artista para entender o mundo colorido no qual estamos inseridos.			
Atividade 6	<i>Oficina: A câmara escura</i>	Explorar e vivenciar o processo de formação da imagem em uma câmara escura, associando-o à formação da imagem no olho humano.			

4. Analisando a proposta de trabalho que desenvolvemos, indique seu grau de satisfação.



()



()




()

5. Use o espaço abaixo para dar sugestões que possam melhorar nosso trabalho ou fazer comentários que você julgar pertinente.

.....

.....

Laboratório de Física		 COLÉGIO FARROUPILHA
Nome:	Nº	
Série:	Turma:	Data: . . / . . . /

Máquina fotográfica

Orientações para o trabalho:

No final do mês de outubro, estaremos vivenciando o processo da fotografia, utilizando uma máquina fotográfica construída com uma lata. Para isso, a turma deverá se dividir em grupos com , no máximo, **quatro alunos, conforme divisão da turma para trabalho nas atividades de Laboratório em turno inverso**. Cada grupo deverá construir, no mínimo, duas máquinas para a realização do trabalho no horário da atividade no Laboratório.

Material necessário: Lata vazia de Nescau, Nescafé ou leite em pó, **com tampa**.

Como construir: Forrar o interior da lata e a tampa com cartolina preta ou pintar com tinta fosca preta.

Cronograma para utilização do material no Laboratório de Física:

Turma	8A	8B	8C	8D	8E	8F	8G
Data	27/10	03/11	28/10	04/11	29/10	05/11	28/10

APÊNDICE II



COLÉGIO SÉVIGNÉ

Rua Duque de Caxias, 1475. Porto Alegre / RS
 Ensino Médio Disciplina: Física **Roteiro de Atividade** Data: _____
 Professor(a) Cláudia Jraige de Andrade
 Nome do Aluno(a): _____ N°: ____ Série: **2ª** Turma: _____

OBJETIVO GERAL: Analisar o comportamento da matéria em processos físicos que envolvem trocas de energia, a partir do estudo de fenômenos térmicos e ondulatórios, enfatizando no presente trimestre, as conseqüências obtidas a partir da incidência de luz em uma superfície para compreender o caráter dual da luz e perceber suas implicações em diferentes áreas do conhecimento.

OBJETIVO ESPECÍFICO: Trabalhar as diferentes visões sobre cores a partir da ótica do físico e do artista, mostrando compreender o mundo colorido no qual estamos inseridos.

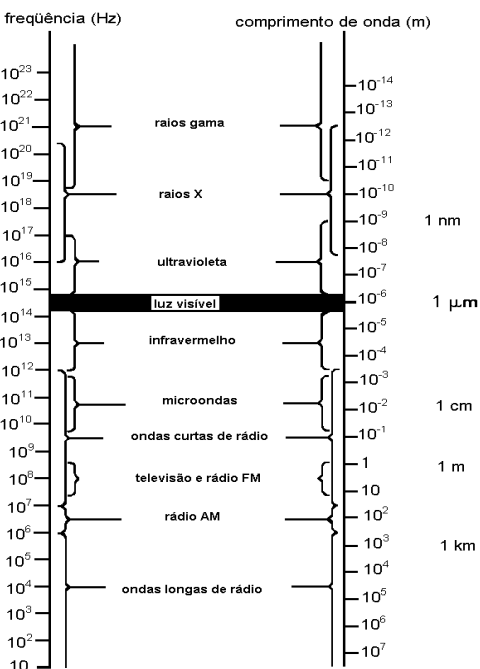
Estudo da cor

Objetivo da atividade: Conhecer o caráter ondulatório da luz através da observação do fenômeno da difração, explorando a faixa visível do espectro eletromagnético para compreender a cor dos objetos que nos rodeiam.

Introdução: Até a metade do século dezanove, havia duas teorias conflitantes para explicar a natureza da luz. Uma delas afirmava que a luz era constituída de *corpúsculos*, enquanto a outra sustentava que a luz era uma *onda*. Assim, duas perguntas são importantes: O que é a luz? De que ela é feita? A resposta a essas duas questões nos permite construir uma teoria dos fenômenos luminosos. Hoje se sabe que as idéias trazidas pelas duas teorias que versam sobre a natureza da luz coexistem. Existem situações em que a luz se comporta como um corpúsculo (*teoria corpuscular*) e situações em que ela se comporta como onda (*teoria ondulatória*).

O principal fenômeno que mostra o caráter ondulatório da luz é conhecido por *difração*. Ele consiste no fato da onda contornar um obstáculo.

Atividade 1 – O fenômeno da difração: Vamos usar uma fonte *laser* para mostrar o que acontece com um feixe de luz ao atravessar uma fenda. Como podemos controlar a largura da fenda, inicialmente vamos utilizar a maior largura. Realizada a experiência, o que você observou?



Observando a difração da luz ao encontrar um fio de cabelo: O fio de cabelo se comporta como um obstáculo que é colocado no caminho de um feixe de luz *laser*. Desenhe no espaço ao lado, a figura de difração que você vê na parede.



A partir da discussão sobre as observações, podemos definir a luz como uma *onda eletromagnética*. A luz não precisa de um meio para se propagar. Um exemplo que justifica esse fato é a luz proveniente do Sol que percorre uma distância muito grande sem que haja matéria trazendo essa energia até a Terra.

O fenômeno da difração nos mostra o caráter ondulatório da luz. A luz é uma onda eletromagnética que, juntamente com outras radiações, tais como raios X, infravermelho e microondas, pode ser localizada na figura ao lado. As radiações estão organizadas em um esquema chamado *espectro eletromagnético*. Todas essas radiações têm em comum a sua velocidade de propagação, diferindo apenas na frequência de vibração e no comprimento de onda. O que acontece com o comprimento de onda à medida que diminui a frequência de vibração?

As frequências do espectro eletromagnético diferem de acordo com a natureza da fonte de radiação. Quanto maior a energia, maior a frequência, e mais próximo do interior do átomo é a sua origem. É importante observar que, de todo o espectro eletromagnético, apenas uma pequena faixa é possível ser percebida pelo nosso olho.

Localize no espectro a faixa correspondente a luz visível.

- Qual é o intervalo de frequência de oscilação da luz?
- E qual é a faixa de comprimento de onda da luz visível?

Na faixa de frequência correspondente à luz visível, as fontes são oscilações ou transições dos elétrons entre as camadas mais externas dos átomos.

Mas onde estão as cores que nós vemos? Cada cor corresponde a uma frequência de vibração da onda. Assim, no espectro eletromagnético, cada cor também terá o seu lugar bem definido. Newton descobriu também outra propriedade dos raios simples, que permite defini-los quantitativamente: trata-se de seu comprimento de onda. Data daí a perda da importância da nomenclatura da cor para os físicos, uma vez que todos os cálculos e aferições dos matizes podem ser expressos matematicamente, fugindo das confusões e imprecisões vocabulares e sensíveis.

Atividade 2 - Discutindo sobre a cor dos objetos. Uma vez que o espectro tem lugar para todas as cores, que relação tem isso com a cor dos objetos?

Para discutir, vamos usar uma transparência com motivos florais e filtros coloridos. Utilizando filtros nas cores vermelha, verde, azul, ciano, magenta e amarela, colocados sob a transparência, observe como as cores da figura se apresentam para nós. Escreva, na tabela abaixo, qual a cor das flores e das imagens ao redor quando, sob a transparência, colocamos filtro:



Cor do filtro	Flores	Imagens ao redor das flores
Ciano		
Amarelo		
Verde		
Azul		
Vermelho		
Magenta		

A partir das observações, você é capaz de dizer quais são as verdadeiras cores que predominam na figura que está sendo projetada?

Como devemos proceder para vermos as “reais” cores da figura?

A partir da observação, podemos nos perguntar: será que os objetos sempre apresentam a mesma cor?

Atividade 3 - A cor na visão do físico e na visão do artista: A cor não tem existência material: é apenas uma sensação visual. O conceito de cor depende da iluminação existente sobre os objetos. A cor de um objeto é determinada pela composição da luz por ele refletida. Os objetos vermelhos absorvem todos os raios do espectro visível exceto os vermelhos, isto é, esses últimos são refletidos. Os objetos verdes absorvem o vermelho, o azul e o violeta, enquanto que os objetos amarelos absorvem uma estreita faixa do espectro visível que corresponde ao azul-violeta e refletem os raios verdes, amarelo e alaranjado.

Os físicos, ao se referirem às cores, tratam sobre a cor-luz. *Cor-luz* (ou luz colorida) é a radiação luminosa visível que tem como síntese aditiva a luz branca. *Vermelho, azul e verde* são chamadas de cores primárias pelos cientistas. A mistura de, pelo menos, duas delas origina outras tantas cores com as quais já estamos acostumados. Podemos conseguir isso apenas variando a intensidade de cada uma. O artista trabalha com a cor-pigmento que difere em suas cores primárias se comparada à cor-luz. Para ele, as cores primárias de pigmento opaco (tinta) são o *amarelo, o azul e o vermelho*. A mistura dessas três cores produz o cinza-neutro por síntese subtrativa. *Cor-pigmento* é a substância material que, conforme sua natureza, absorve, refrata e reflete os raios luminosos, componentes da luz que se difunde sobre ela. Na impressão de livros ou em filmes fotográficos coloridos, são usados os pigmentos transparentes. Suas cores primárias são o *amarelo, o ciano e o magenta*. Cada uma delas funciona como filtro, permitindo a passagem de alguns comprimentos de onda e impedindo a passagem de outros.

Explorando as sombras coloridas Utilizando três projetores de slides e filtros com as cores primárias de luz, vamos explorar a mistura das luzes coloridas. Inicialmente, observe e registre, no espaço abaixo, a cor que vemos quando misturamos:

Luz verde + luz vermelha:

Luz verde + luz azul:

Luz vermelha + luz azul:

Luz verde + luz vermelha + luz azul:

Os artistas impressionistas produziam suas telas ao ar livre, iluminadas pela luz do Sol, o que implicava em pouca utilização da cor preta trabalhando com as cores inclusive para representar regiões de sombra. Mas como identificar a cor da sombra? A partir da obtenção do branco, projetado pela mistura das três cores primárias de luz, vamos explorar as sombras dos objetos. Para isso, vamos colocar um objeto na frente da região branca, movimentando-o até encontrar regiões de sombra. Quais as cores das sombras que você pode observar? Justifique cada uma delas, explicando como elas se formam

.

Como você explica a região escura observada no centro da figura projetada?

.

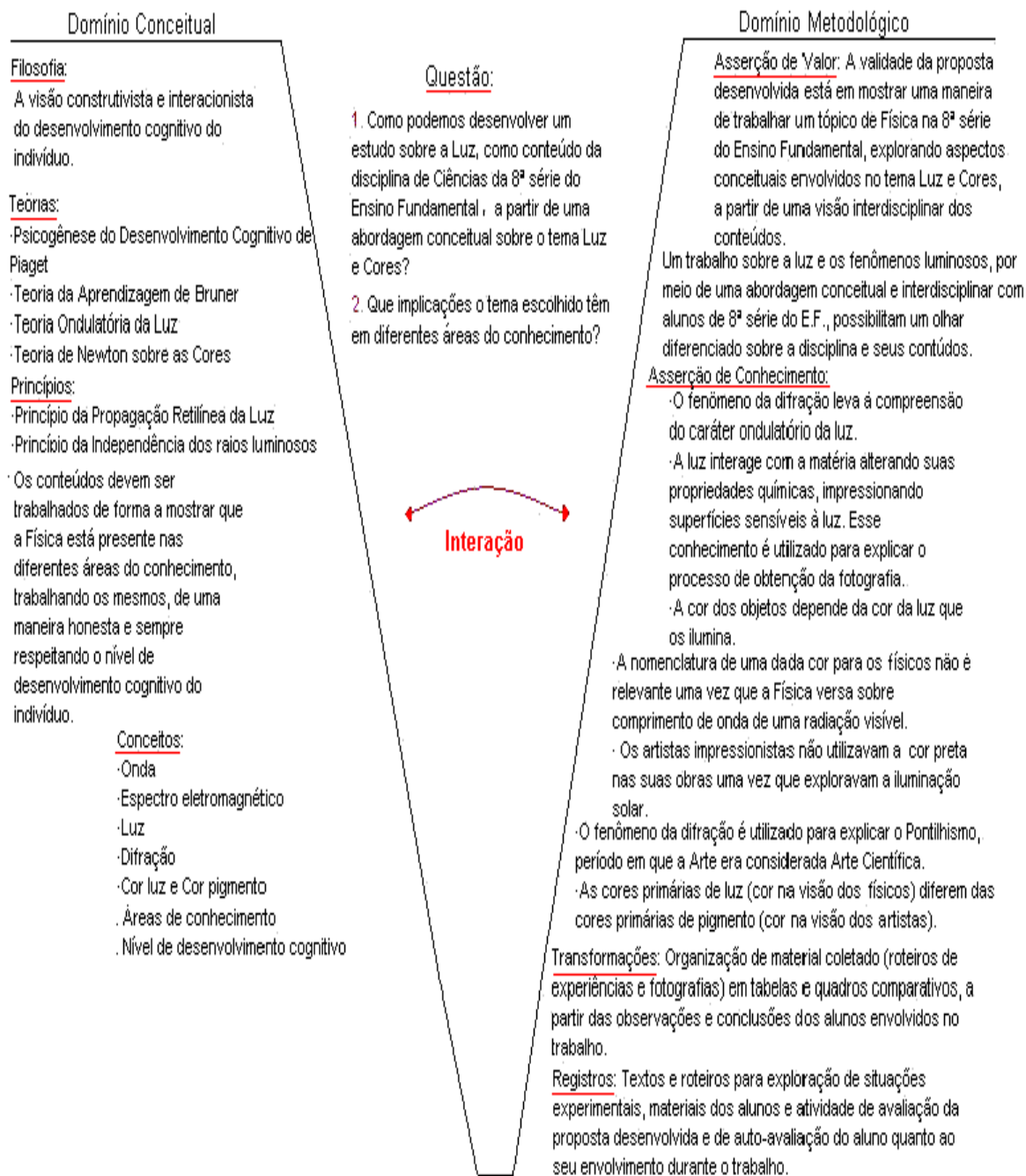
O que é o *preto* para os físicos?

.

Na retina, existem três tipos de receptores luminosos, associados às três cores primárias de luz: azul, verde e vermelho. Esses receptores são chamados de *cones*. São eles os responsáveis por todas as sensações de cores. Estimulando os três ao mesmo tempo, com a mesma intensidade, é produzida a sensação visual a que chamamos de branco. Quais são os cones sensibilizados quando percebemos um objeto amarelo?

.

APÊNDICE III



Evento: Aplicação de proposta de Tese de Mestrado em sete turmas de 8ª série do Ensino Fundamental em uma escola privada de Porto Alegre, atingindo 205 alunos. As atividades foram desenvolvidas no período compreendido entre 25/09 e 07/11 de 2003, utilizando-se das aulas da disciplina de Ciências das referidas turmas.

FIGURA 18 – VÊ EPISTEMOLÓGICO DA PROPOSTA