

MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

PPGF
ensino de física

Silvio Luiz Rutz da Silva
André Vítor Chaves de Andrade
André Maurício Brinatti
Antônio Sérgio Magalhães de Castro
Jeremias Borges da Silva
(organizadores)

**Marcos Damian Simão
André Maurício Brinatti**



**Cor à Luz da Física Moderna e
Contemporânea**

SÉRIE
Produtos Educacionais em Ensino de Física

UEPG - PROEX

SÉRIE:
PRODUTOS EDUCACIONAIS EM ENSINO DE FÍSICA

Volume 19

MARCOS DAMIAN SIMÃO
ANDRÉ MAURÍCIO BRINATTI

Cor à Luz da Física Moderna e Contemporânea

Silvio Luiz Rutz da Silva
André Maurício Brinatti
André Vitor Chaves de Andrade
Antônio Sérgio Magalhães de Castro
Jeremias Borges da Silva

(ORGANIZADORES)

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA

Prof. Dr. Miguel Sanches Neto
REITOR

Prof. Dr. Everson Augusto Krum
VICE-REITOR

Profa. Dra. Edina Schimanski
PRÓ-REITOR DE EXTENSÃO E ASSUNTOS CULTURAIS

Prof. Dr. Giovani Marino Favero
PRÓ-REITOR DE PESQUISA E PÓSGRADUAÇÃO

PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA MNPEF - POLO 35 – UEPG MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

Colegiado

Prof. Dr. Silvio Luiz Rutz Da Silva (Coordenador)
Prof. Dr. André Maurício Brinatti (*Vice-Coodenador*)
Prof. Dr. André Vitor Chaves de Andrade (*Titular*)
Prof. Dr. Antônio Sérgio Magalhães de Castro (*Titular*)
Prof. Dr. Jeremias Borges da Silva (*Titular*)
Prof. Dr. Lucas Stori de Lara (*Suplente*)
Prof. Dr. Marcelo Emilio (*Suplente*)

SÉRIE:

PRODUTOS EDUCACIONAIS EM ENSINO DE FÍSICA

CONSELHO EDITORIAL

SÉRIE:

PRODUTOS EDUCACIONAIS EM ENSINO DE FÍSICA

Prof. Dra. Agueda Maria Turatti (FURG)
Prof. Dr. André Maurício Brinatti (UEPG)
Prof. Dr. André Vitor Chaves de Andrade (UEPG)
Prof. Dr. Antonio Sérgio Magalhães de Castro (UEPG)
Prof. Dr. Clodogil Fabiano Ribeiro dos Santos (UNICENTRO)
Prof. Dr. Fabio Augusto Meira Cássaro (UEPG)
Prof. Dr. Gérson Kniphoff da Cruz (UEPG)
Prof. Dr. Gustavo Vinicius Bassi Lukasiewicz (UTFPR)
Prof. Dra. Iramaia Jorge Cabral de Paulo (UFMT)
Prof. Dra. Jaqueline Aparecida Ribaski Borges (FATEB)
Prof. Dr. Jeremias Borges Da Silva (UEPG)
Prof. Dr. Júlio Flemming Neto (UEPG)
Prof. Dr. Lucas Stori de Lara (UEPG)
Prof. Dr. Luiz Américo Alves Pereira (UEPG)
Prof. Dr. Luiz Antônio Bastos Bernardes (UEPG)
Prof. Dr. Marcelo Emilio (UEPG)
Prof. Dr. Marco Antônio Sandini Trentin (UPF)
Prof. Dr. Mário Jose Van Thienen Silva (UTFPR)
Prof. Dr. Michel Corci Batista (UTFPR)
Prof. Dr. Paulo Cesar Facin (UEPG)
Prof. Dr. Rafael Ribaski Borges (UTFPR)
Prof. Dr. Ricardo Costa de Santana (UFG)
Prof. Dr. Romeu Miqueias Szmoski (UTFPR)
Prof. Dra. Rosemari Monteiro Castilho Foggiatto Silveira (UTFPR)
Prof. Dra. Shalimar Calegari Zanatta (UNESPAR)
Prof. Dr. Silvio Luiz Rutz Da Silva (UEPG)

Ficha catalográfica



Este trabalho está licenciado com uma Licença Creative Commons
Atribuição -Não Comercial- Compartilha Igual 4.0 Internacional.

PREFÁCIO

Durante as últimas décadas, no Brasil se tem conseguido avanços significativos em relação a alfabetização científica, em especial na área do Ensino de Física, nos diversos níveis de ensino, entretanto continua pendente o desafio de melhorar a qualidade da Educação em Ciências. Buscando superar tal desafio a Sociedade Brasileira de Física (SBF) implementou o Programa Nacional de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF) que se constitui em um programa nacional de pós-graduação de caráter profissional, voltado a professores de ensino médio e fundamental com ênfase principal em aspectos de conteúdos na Área de Física, resultando em uma ação que engloba diferentes capacidades apresentadas por diversas Instituições de Ensino Superior (IES) distribuídas em todas as regiões do País.

O objetivo do MNPEF é capacitar em nível de mestrado uma fração muito grande de professores da Educação Básica quanto ao domínio de conteúdos de Física e de técnicas atuais de ensino para aplicação em sala de aula como, por exemplo, estratégias que utilizam recursos de mídia eletrônica, tecnológicos e/ou computacionais para motivação, informação, experimentação e demonstrações de diferentes fenômenos físicos.

A abrangência do MNPEF é nacional e universal, ou seja, está presente em todas as regiões do País, sejam elas localizadas em capitais ou estejam afastadas dos grandes centros. Fica então clara a necessidade da colaboração de recursos humanos com formação adequada localizados em diferentes IES. Para tanto, o MNPEF está organizado em Polos Regionais, hospedados por alguma IES, onde ocorrerem as orientações das dissertações e são ministradas as disciplinas do currículo.

A Universidade Estadual de Ponta Grossa, por meio de um grupo de professores do Departamento de Física, faz parte do MNPEF desde o ano de 2014 tendo nesse período proporcionado a oportunidade de aperfeiçoamento para quarenta e cinco professores de Física da Educação Básica, sendo que desses quinze já concluíram o programa tornando-se Mestres em Ensino de Física.

A Série: **Produtos Educacionais em Ensino de Física**, que ora apresentamos, consta de vários volumes que correspondem aos produtos educacionais derivados dos projetos de dissertação de mestrado defendidos. Alguns desses volumes são constituídos de mais de um tomo.

Com essa série o MNPEF - Polo 35 - UEPG, não somente busca entregar materiais instrucionais para o Ensino de Física para professores e estudantes, mas também pretende disponibilizar informação que contribua para a identificação de fatores associados ao Ensino de Física

a partir da proposição, execução, reflexão e análise de temas e de metodologias que possibilitem a compreensão do processo de ensino e aprendizagem, pelas vias do ensino e da pesquisa, resultado da formação de docentes pesquisadores.

A série é resultado de atividade reflexiva, crítica e inovadora aplicada diretamente à atuação profissional do docente, na produção de conhecimento diretamente associado à prospecção de problemas e soluções para o ensino-aprendizagem dos conhecimentos em Física, apresentando estudos e pesquisas que se propõem com suporte teórico para que os profissionais da educação tenham condições de inovar sua prática em termos de compreensão e aplicação da ciência.

A intenção é que a Série: **Produtos Educacionais em Ensino de Física** ofereça referências de propostas de Ensino de Física coerentes com as estruturas de pensamento exigidas pela ciência e pela tecnologia, pelo exemplo de suas inserções na realidade educacional, ao mesmo tempo que mostrem como se pode dar tratamento adequado à interdependência de conteúdo para a formação de visão das interconexões dos conteúdos da Física.

Prof. Dr. Silvio Luiz Rutz da Silva

Prof. Dr. André Maurício Brinatti

Prof. Dr. André Vitor Chaves de Andrade

Prof. Dr. Antônio Sérgio Magalhães de Castro

Prof. Dr. Jeremias Borges da Silva

Organizadores

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA

Prof. Dr. Miguel Sanches Neto
REITOR

Prof. Dr. Everson Augusto Krum
VICE-REITOR

Profa. Dra. Edina Schimanski
PRÓ-REITOR DE EXTENSÃO E ASSUNTOS CULTURAIS

Prof. Dr. Giovani Marino Favero
PRÓ-REITOR DE PESQUISA E PÓSGRADUAÇÃO

PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA MNPEF - POLO 35 – UEPG MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

Colegiado

Prof. Dr. Silvio Luiz Rutz Da Silva (Coordenador)
Prof. Dr. André Maurício Brinatti (*Vice-Coordenador*)
Prof. Dr. André Vitor Chaves de Andrade (*Titular*)
Prof. Dr. Antônio Sérgio Magalhães de Castro (*Titular*)
Prof. Dr. Jeremias Borges da Silva (*Titular*)
Prof. Dr. Lucas Stori de Lara (*Suplente*)
Prof. Dr. Marcelo Emilio (*Suplente*)

SÉRIE:

PRODUTOS EDUCACIONAIS EM ENSINO DE FÍSICA

CONSELHO EDITORIAL

SÉRIE:

PRODUTOS EDUCACIONAIS EM ENSINO DE FÍSICA

Prof. Dra. Agueda Maria Turatti (FURG)
Prof. Dr. André Maurício Brinatti (UEPG)
Prof. Dr. André Vitor Chaves de Andrade (UEPG)
Prof. Dr. Antonio Sérgio Magalhães de Castro (UEPG)
Prof. Dr. Clodogil Fabiano Ribeiro dos Santos (UNICENTRO)
Prof. Dr. Fabio Augusto Meira Cássaro (UEPG)
Prof. Dr. Gérson Kniphoff da Cruz (UEPG)
Prof. Dr. Gustavo Vinicius Bassi Lukasiewicz (UTFPR)
Prof. Dra. Iramaia Jorge Cabral de Paulo (UFMT)
Prof. Dra. Jaqueline Aparecida Ribaski Borges (FATEB)
Prof. Dr. Jeremias Borges Da Silva (UEPG)
Prof. Dr. Júlio Flemming Neto (UEPG)
Prof. Dr. Lucas Stori de Lara (UEPG)
Prof. Dr. Luiz Américo Alves Pereira (UEPG)
Prof. Dr. Luiz Antônio Bastos Bernardes (UEPG)
Prof. Dr. Marcelo Emilio (UEPG)
Prof. Dr. Marco Antônio Sandini Trentin (UPF)
Prof. Dr. Mário Jose Van Thienen Silva (UTFPR)
Prof. Dr. Michel Corci Batista (UTFPR)
Prof. Dr. Paulo Cesar Facin (UEPG)
Prof. Dr. Rafael Ribaski Borges (UTFPR)
Prof. Dr. Ricardo Costa de Santana (UFG)
Prof. Dr. Romeu Miqueias Szmoski (UTFPR)
Prof. Dra. Rosemari Monteiro Castilho Foggatto Silveira (UTFPR)
Prof. Dra. Shalimar Calegari Zanatta (UNESPAR)
Prof. Dr. Silvio Luiz Rutz Da Silva (UEPG)

Ficha catalográfica



Este trabalho está licenciado com uma Licença Creative Commons
Atribuição -Não Comercial- Compartilha Igual 4.0 Internacional.

PREFÁCIO

Durante as últimas décadas, no Brasil se tem conseguido avanços significativos em relação a alfabetização científica, em especial na área do Ensino de Física, nos diversos níveis de ensino, entretanto continua pendente o desafio de melhorar a qualidade da Educação em Ciências. Buscando superar tal desafio a Sociedade Brasileira de Física (SBF) implementou o Programa Nacional de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF) que se constitui em um programa nacional de pós-graduação de caráter profissional, voltado a professores de ensino médio e fundamental com ênfase principal em aspectos de conteúdos na Área de Física, resultando em uma ação que engloba diferentes capacidades apresentadas por diversas Instituições de Ensino Superior (IES) distribuídas em todas as regiões do País.

O objetivo do MNPEF é capacitar em nível de mestrado uma fração muito grande de professores da Educação Básica quanto ao domínio de conteúdos de Física e de técnicas atuais de ensino para aplicação em sala de aula como, por exemplo, estratégias que utilizam recursos de mídia eletrônica, tecnológicos e/ou computacionais para motivação, informação, experimentação e demonstrações de diferentes fenômenos físicos.

A abrangência do MNPEF é nacional e universal, ou seja, está presente em todas as regiões do País, sejam elas localizadas em capitais ou estejam afastadas dos grandes centros. Fica então clara a necessidade da colaboração de recursos humanos com formação adequada localizados em diferentes IES. Para tanto, o MNPEF está organizado em Polos Regionais, hospedados por alguma IES, onde ocorrerem as orientações das dissertações e são ministradas as disciplinas do currículo.

A Universidade Estadual de Ponta Grossa, por meio de um grupo de professores do Departamento de Física, faz parte do MNPEF desde o ano de 2014 tendo nesse período proporcionado a oportunidade de aperfeiçoamento para quarenta e cinco professores de Física da Educação Básica, sendo que desses quinze já concluíram o programa tornando-se Mestres em Ensino de Física.

A Série: **Produtos Educacionais em Ensino de Física**, que ora apresentamos, consta de vários volumes que correspondem aos produtos educacionais derivados dos projetos de dissertação de mestrado defendidos. Alguns desses volumes são constituídos de mais de um tomo.

Com essa série o MNPEF - Polo 35 - UEPG, não somente busca entregar materiais instrucionais para o Ensino de Física para professores e estudantes, mas também pretende disponibilizar informação que contribua para a identificação de fatores associados ao Ensino de Física

a partir da proposição, execução, reflexão e análise de temas e de metodologias que possibilitem a compreensão do processo de ensino e aprendizagem, pelas vias do ensino e da pesquisa, resultado da formação de docentes pesquisadores.

A série é resultado de atividade reflexiva, crítica e inovadora aplicada diretamente à atuação profissional do docente, na produção de conhecimento diretamente associado à prospecção de problemas e soluções para o ensino-aprendizagem dos conhecimentos em Física, apresentando estudos e pesquisas que se propõem com suporte teórico para que os profissionais da educação tenham condições de inovar sua prática em termos de compreensão e aplicação da ciência.

A intenção é que a Série: **Produtos Educacionais em Ensino de Física** ofereça referências de propostas de Ensino de Física coerentes com as estruturas de pensamento exigidas pela ciência e pela tecnologia, pelo exemplo de suas inserções na realidade educacional, ao mesmo tempo que mostrem como se pode dar tratamento adequado à interdependência de conteúdo para a formação de visão das interconexões dos conteúdos da Física.

Prof. Dr. Silvio Luiz Rutz da Silva

Prof. Dr. André Maurício Brinatti

Prof. Dr. André Vitor Chaves de Andrade

Prof. Dr. Antônio Sérgio Magalhães de Castro

Prof. Dr. Jeremias Borges da Silva

Organizadores

SUMÁRIO DO APENDICE/PRODUTO EDUCACIONAL

APRESENTAÇÃO.....	9
1 INTRODUÇÃO.....	10
2 PLANEJAMENTO.....	12
3 ORIENTAÇÕES, QUESTIONÁRIOS E REGISTROS (OQR).....	55
3.1 OQR COM AS RESPOSTAS ESPERADAS PARA O PROFESSOR.....	56
3.2 OQR SEM AS RESPOSTAS PARA O ALUNO.....	76
4 LUZ, COR E PERCEPÇÃO.....	105
4.1 A LUZ.....	105
4.1.1 Alguns aspectos gerais.....	105
4.1.2 Óptica geométrica e o princípio da propagação da Luz.....	108
4.1.3 Classificação dos materiais.....	116
4.1.4 Classificação das cores.....	119
4.1.5 Espectros de cores.....	121
4.1.6 Estrutura do olho humano.....	125
4.1.7 Percepção Das cores.....	128
5 MANUAL DE MONTAGEM DOS APARATOS EXPERIMENTAIS E MATERIAIS DIVERSOS.....	130
5.1 CAIXA DE PERCEPÇÕES (CAIXA).....	131
5.2 SUPORTE PARA LÂMPADAS.....	137
5.3 FILTROS DE COR.....	142
5.4 SÓLIDOS GEOMÉTRICOS.....	144
5.5 PIÃO DE NEWTON.....	146
5.6 ESPECTRÔMETRO.....	148
5.7 CONJUNTO DE MATERIAIS TRANSPARENTE, TRANSLÚCIDO E OPACO.....	150
5.8 TELA PARA ESTUDO DE TONALIDADE.....	151
5.9 CONJUNTO DE MATERIAIS PARA MISTURA E SEPARAÇÃO DAS CORES.....	152
5.10 ESFERA MODELO (ESFERA).....	154
6 VÍDEOS, SIMULADOR E SLIDES.....	156
6.1 VÍDEOS PARA O PROCESSO DE INVESTIGAÇÃO.....	156

6.2	SIMULADOR COLOR VISION.....	157
6.3	SLIDES PARA AS AULAS.....	157
6.4	TABELA DE CUSTOS.....	160
	REFERENCIAS.....	161

APRESENTAÇÃO

O presente Produto Educacional, conjunto de materiais de apoio e aparatos experimentais desenvolvido para professores utilizarem no Ensino Médio, denominado **Cor à Luz da Física Moderna**¹⁶ foi sistematizado trazendo como objetivo facilitar a aplicação de aulas que contemplam o estudo da cor e sua percepção como meio de discutir tópicos de Física Moderna e Contemporânea utilizando de experimentos diversificados, elaborados com materiais alternativos e de fácil acesso, almejando momento de diálogo entre professor e aluno, buscando uma aprendizagem significativa do educando.

O material aqui apresentado contempla uma Unidade Didática contendo 6 (seis) Momentos, distribuídas em 16 (dezesesseis) aulas, o qual foi dividido na seguinte estrutura: Planejamento (plano de unidade e planos de aula); orientações, questionários e registros; texto de apoio ao professor sobre os conceitos de luz, cor e percepção; manual de montagem dos aparatos experimentais e materiais diversos; e vídeos, simulador e slides.

Os autores.

¹⁶Produto Educacional desenvolvido no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física – Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física – Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG), Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), da Sociedade Brasileira de Física (SBF), polo 35, portanto partes do texto podem estar reproduzidas integralmente, como por exemplo, o Capítulo 4, ou reescritas na dissertação: “Cor à Luz da Física Moderna e Contemporânea: uma Proposta de Ensino e Aprendizagem”, na qual se fez a análise da aplicação deste Produto no Ensino Médio.

1. INTRODUÇÃO

Ao idealizar uma nova forma de ensinar Física o professor deve buscar alternativas que o auxiliem no desenvolvimento da disciplina. O Ensino de Física no Ensino Médio sofre com diversas dificuldades, segundo Castro et al. (2014) a falta de motivação dos alunos, a visão da Física como uma disciplina escolar pouco atraente e a forma que as aulas são ministradas, por meio das tradicionais aulas expositivas, reforçam a dificuldades de se ensinar Física. Quando se aborda um Ensino de Física contemporâneo, busca-se a inserção do ensino de temas da Física Moderna e Contemporânea. A vista disso, D'Agostin (2008) investigou como os professores de Física da rede pública de ensino do estado do Paraná atendem às solicitações dos documentos oficiais para a inserção desses temas no Ensino Médio. Gil Pérez et al. (1987) consideram que a Física Moderna e Contemporânea favorece uma visão mais harmônica de toda a Física e propiciaria uma visão mais coerente do trabalho científico.

Diante do exposto e refletindo a própria prática docente no Ensino Médio, desde o período de estágio, durante a graduação, até a atuação depois de formado, deparando-se com uma realidade do Ensino de Física que acaba por ser limitado, devido a vários fatores, Entretanto, considerando a existência de uma curiosidade natural dos educandos sobre a Física Moderna e Contemporânea e, neste ponto, acreditando na possibilidade de investigação de meios de inserir conceitos desse tema da Física, elaborou-se o presente Produto Educacional, conforme descrito na Apresentação, para o estudo de cor e sua percepção.

A escolha do tema: cor e sua percepção é justificado, pois está previsto nos documentos oficiais. Na Base Nacional Comum Curricular (BNCC), (BRASIL, 2017), os conceitos de cor e sua percepção são apresentados na unidade de conhecimento Comunicação e Informação em Sistemas Naturais e Tecnológicos. Essa proposta está atrelada a das Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais da Educação Básica (DCNGEB), (BRASIL, 2013), a qual reconhece a importância de se fazer conexões entre a Educação Básica e Superior, para a formação humana, científica, cultural e profissional. É importante para a educação básica responder os questionamentos dos alunos perante a sua realidade social, cultural, científica e tecnológica. Nos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM) (BRASIL, 2002) também se têm a proposta de abordagem do conceito de cor e sua percepção em dois eixos estruturantes, sendo eles: Som, Imagem e Informação, e Matéria e Radiação. E por fim, nas Diretrizes Curriculares Estaduais do Paraná (DCEBPR) (PARANÁ, 2008), o conceito de cor e sua percepção devem ser tratados no conteúdo estruturante eletromagnetismo.

Destaca-se, que para melhor compreensão, o presente Produto Educacional contém seis capítulos, este, introdutório e mais cinco.

O segundo capítulo – Planejamento – traz o Planejamento realizado para as aulas contendo Plano de Unidade e Planos de Aulas.

O terceiro capítulo – Orientações, Questionário e Registros (OQR) – apresenta o material de orientação das atividades, o questionário para as atividades e o espaço para registro das observações. No referido capítulo encontra-se o material para o professor com as respostas esperadas, e o material para o aluno.

No quarto capítulo - Luz, cor e percepção - contempla os conceitos, temas e assuntos físicos relacionados a cor e sua percepção, os quais foram abordados no decorrer das aulas. Entre os conceitos, temas e assuntos estão: princípio da propagação retilínea da luz, sombra e penumbra, independência dos raios luminosos, sombras coloridas, mistura e separação de cores – luz e pigmento, visão – estrutura do olho humano e processo de visão da cores, espectros de cores – espectro visível, espectros e absorção e emissão, modelo atômico de Niels Bohr, quantização da energia e o conceito de fóton, percepção das cores – saturação, luminosidade, comprimento de onda, frequência.

No capítulo cinco – Manual de montagem dos aparatos experimentais e materiais diversos – são apresentados, em forma de manual, a forma de montagem da Caixa de Percepções (Caixa); Conjunto de materiais transparente, translúcidos e opaco; Filtros de cor; Sólidos geométricos para o estudo da formação de sombra e penumbra: Capas de tecido; Capa de Observação; Tela pintada com diferentes graduações da mesma cor; Esfera modelo (Esfera); Pião de Newton; Conjunto de potes de tintas guache; pincéis de diferentes tamanhos e retângulos de cartolina para pintar; Filtros de papel e canetas coloridas e Suporte com lâmpadas, prismas e espectrômetros utilizados durante a aplicação do produto.

Por fim, no sexto e último capítulo – Slides, vídeos e simulador – apresenta-se a relação de vídeos, simulação e slides utilizados no produto, bem como informações de contato para obtenção dos slides elaborados.

2. PLANEJAMENTO

Esse capítulo apresenta a organização do Produto Educacional para o estudo do assunto cor e sua percepção em sala de aula para o Ensino Médio. Nele estão disponíveis o Plano de Unidade e os Planos de Aula para cada um dos 6 (seis) Momento, sendo um total de 16 (dezesesseis) aulas, que foram sistematizados de forma que o professor organize o desenvolvimento das aulas, visto que as experiências foram programadas com um tempo determinado para o desenvolvimento, observação e registro dos alunos. Ressalta-se que o Momento 1, contempla uma aula de 50 minutos e duas de 75 minutos, devido ao tempo de desenvolvimento e observação, portanto, são 200 minutos divididos em 3 horas-aula.

Plano de Unidade e Planos de Aula

Para a aplicação do Produto Educacional foram organizados 6 (seis) Momentos distribuídos em 16 (dezesesseis) aulas. Cada Momento desenvolvido abrange um assunto específico a fim de estruturar os conceitos físicos necessários para explicar o conceito de cor e sua percepção.

O Momento 1, organizado com um total de três aulas, consiste em investigar uma sequência de imagens de um mesmo vestido para que os alunos afirmem a real cor do mesmo. Na primeira aula, após a discussão inicial das imagens, são apresentados vídeos de curta duração que abordam a situação do vestido e discussões sobre cor e sua percepção. Nas duas aulas seguintes, são desenvolvidas experiências que abordam conceitos da óptica geométrica, como sombra e penumbra, que auxiliam nas observações na Caixa de Percepções, que caracteriza-se por uma caixa de madeira com sua parte frontal contendo um espaço para observação, um suporte para bloquear parcial e/ou totalmente a luz externa, feito com um tecido preto furado no seu centro e encaixado num bastidor de bordado. A Caixa contém ainda suportes removíveis para lâmpadas com o encaixe de um cano de PVC revestido de papel EVA preto fosco que delimita a região que a lâmpada consegue iluminar, e o seu interior foi revestido de EVA preto fosco, além de conter telas para projeções nas cores preto fosco e branco fosco. Essa Caixa compõe o principal aparato para estudo dos conceitos de cor e percepção, foi utilizada em todos os momentos da aplicação do Produto, pois diferentes conjuntos experimentais foram montados dentro da caixa e que são descritos na sequência. No total, foram construídas quatro caixas de percepções. Para cada experiência existe um material de Orientação, Questionário e Registros (OQR) formulado para auxiliar na construção dos conceitos físicos. Ao final das experiências, são realizadas discussões sobre as observações e depois os alunos formulam hipóteses para explicar o fenômeno observado no vestido.

O Momento 2 é composto por quatro aulas nas quais são desenvolvidas experiências que abordam a mistura das cores luz e pigmento. Os alunos trabalham a mistura de tinta com pincel e também, por movimento usando um Pião de Newton. Em outra experiência é utilizado um simulador que apresenta um modelo para mostrar como ocorre a mistura das cores no olho humano. Depois, os alunos desenvolvem experiências de separação das cores usando filtro de café para a cor pigmento e um prisma para a cor luz, para observarem espectros de cores em diferentes lâmpadas. Por fim, também desenvolvem

experiência da interação entre a luz e a matéria na caixa de percepções. Ao final das experiências, são discutidas as respostas aos questionamentos em forma de assembleia.

O Momento 3 é também composto por duas aulas. Na primeira aula é apresentada o processo de visão, identificando a estrutura do olho humano, seus componentes suas funções, são abordados os fotorreceptores, que são componentes responsáveis em adaptar a visão para diferentes luminosidades. Na segunda aula, os alunos desenvolvem experiências na caixa de percepções que abordam a função dos fotorreceptores, cones e bastonetes. Durante a experiência, os alunos preenchem o material OQR entregue no início da aula. Ao final da aula, os alunos discutem suas respostas em forma de assembleia.

No Momento 4, que contém duas aulas, os alunos discutem o conceito do espectro de emissão ou de absorção. Na primeira aula, são retomadas observações e discussões dos Momentos anteriores para que os educandos possam iniciar a experiência proposta. Nessa aula, os alunos observam com o auxílio de um espectrômetro os espectros de diferentes lâmpadas numa primeira etapa e, na sequência da aula, observam a variação das cores de um papel pintado quando iluminado por lâmpadas de diferentes cores. Os alunos recebem um OQR com questionamentos que auxiliam na observação das experiências. Ao final da aula, é feita uma assembleia com os educandos para se discutir as respostas apresentadas. Na segunda aula, é apresentado o conceito de espectro do visível, assim como os espectros de absorção e de emissão. Ao final da apresentação, são discutidos os conceitos relacionando com as experiências realizadas na primeira aula do referido Momento.

O Momento 5 consiste em duas aulas, nas quais são desenvolvidas experiências que elencam os elementos que interferem na percepção das cores. Na primeira aula, é apresentado aos alunos os elementos que interferem na percepção das cores, sendo eles, a saturação, a luminosidade, o comprimento de onda e a frequência e, também, a relação desses elementos com o fóton. Na segunda aula, os alunos desenvolvem as experiências que abordam os elementos que interferem na percepção das cores, usando uma tela pintada com diferente saturação de uma mesma cor, fazendo a composição de sólidos geométricos iluminados com diferentes lâmpadas e, por último, observando uma esfera modelo, esta pintada nas cores do vestido, da primeira Aula do Momento 1, a fim de que os educandos observem e experimente o efeito do fenômeno da cor do vestido na esfera. Durante as experiências, os alunos devem responder o OQR e, assim, realizar a última assembleia para se discutir a explicação para o fenômeno causado com o vestido. Ao final da aula, os alunos elaboram a explicação para o fenômeno observado no vestido usando os conceitos físicos discutidos durante as aulas.

A fim de encerrar a discussão do conceito de cor e sua percepção, o Momento 6 é destinado a criação de conjuntos de objetos para que os alunos observem na caixa de percepções e, assim, possam aplicar os conceitos discutidos nos momentos anteriores.

Diante da breve descrição dada anteriormente, na sequência serão apresentados o Plano de Unidade, referente a unidade didática estruturado para o estudo de cor e sua percepção e os Planos do Momentos, desenvolvidos para a aplicação do Produto Educacional.

PLANO DE UNIDADE
COR À LUZ DA FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA

1. IDENTIFICAÇÃO

- 1. CURSO:** Ensino Médio
- 2. DISCIPLINA:** Física
- 3. CARGA HORÁRIA:** 16 horas-aula
- 4. PERÍODO:**
- 5. SEMESTRE:**
- 6. ANO LETIVO:**
- 7. PROFESSOR:** Marcos Damian Simão

2. EMENTA

Princípio da Propagação Retilínea da Luz - Sombra e Penumbra, Independência dos Raios Luminosos – Sombras Coloridas;

Mistura e Separação de Cores – Luz e Pigmento;

Visão – estruturas do olho humano e processo de visão das cores;

Espectros de Cores – espectro visível, espectros e absorção e emissão;

Modelo Atômico de Niels Bohr, Quantização da Energia e o conceito de Fóton;

Percepção das Cores – saturação, luminosidade, comprimento de onda, frequência.

3. COMPETÊNCIAS E HABILIDADES

- Identificar na situação-problema apresentada as informações relevantes e elaborar possíveis explicações.
- Observar fenômenos naturais em aparatos experimentais e estabelecer relações com o domínio do conhecimento científico.
- Interpretar e propor modelos explicativos para a situação-problema.
- Elaborar comunicação escrita para relatar, analisar e sistematizar experimentos.

4. OBJETIVO

Relacionar os conceitos de cor e sua percepção por meio da investigação do fenômeno observado num vestido apresentado com o auxílio de projeto de multimídia.

Desenvolver experiências que abordam os elementos fundamentais para a compreensão dos conceitos de cor e sua percepção e a relação com tópicos de Física Moderna e Contemporânea.

5. CONTEÚDO PROGRAMÁTICO

Momento 1 – Investigação inicial: desenvolvimento de atividades experimentais relacionadas aos princípios de propagação da luz;

Momento 2 – Mistura de cores luz e pigmento: desenvolvimento de experiências com simulador, caixa de percepções, Pião de Newton e espectrômetro;

Momento 3 – Estudo da visão: apresentação das estruturas que compõem o olho humano e desenvolvimento de experiências que possibilitam o uso das estruturas responsáveis pela visão e percepção das cores.

Momento 4 – Estudo do espectro de cores: determinação do conceito de espectro do visível, absorção e emissão. Experiências com lâmpadas e espectrômetro;

Momento 5 – Apresentação dos elementos que interferem na percepção das cores e a relação com conceitos de Física Moderna e Contemporânea: Desenvolvimento de experiência do fenômeno observado no vestido e discussão das explicações para tal fenômeno;

Momento 6 – Desenvolvimento de objetos a serem observados na caixa de percepções: e discussão dos conceitos de cor e sua percepção.

6. METODOLOGIA

Os assuntos de cada aula são abordados a partir de uma problematização inicial que pode ser feita com imagens, vídeos, simulações e/ou retomada de discussões dos momentos posteriores.

Em seguida, os assuntos são abordados por meio de experiências demonstrativas, vídeos, simulações, as quais contém um OQR para que o aluno possa construir os conceitos físicos envolvidos na aula.

A finalização da aula se dá por meio de assembleia, para que os alunos apresentem suas respostas e ocorra a discussão dos conceitos físicos elencados nas experiências.

7. AVALIAÇÃO

AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM

A avaliação ocorre de forma continuada, num aspecto qualitativo do aprendizado do aluno, considerando sua participação e interação durante o processo de ensino-aprendizagem. Também é considerado como a avaliação a participação durante as assembleias e as repostas apresentadas no OQR.

INSTRUMENTOS

Durante as aulas são considerados os seguintes instrumentos de avaliação:

1. As observações durante o desenvolvimento das experiências e as assembleias;
2. As respostas apresentadas no OQR;
3. O desenvolvimento de objetos e a aplicação dos conceitos no Momento 6.

CRITÉRIOS

Para definir os critérios de avaliação tem-se como base os PCN+ - Ensino Médio, no qual a importância da avaliação consiste em apresentar um sentido formativo e fazer parte permanente da interação entre professor e aluno (BRASIL, 2002). Segundo os PCN+, o ato de avaliar vai além de aferir resultados e agregar o caráter de sucesso ou fracasso, a avaliação consiste em acompanhar o processo de aprendizagem, e progresso do aluno, identificando as dificuldades e investigando formas de superá-las (BRASIL, 2002).

Nessa perspectiva de avaliação as DCEBPR argumentam que o processo de avaliação deve contribuir para a compreensão as dificuldades na aprendizagem dos alunos, com o olhar, para as mudanças necessárias na prática docente, alcançando êxito no processo da aprendizagem, proporcionando uma ligação maior entre escola e sociedade (PARANÁ, 2008). Nesse sentido o planejamento da aula deve “[...] promover atividades

coletivas ou individuais dos alunos, em que suas preferências e interesses possam se manifestar, suas diferenças individuais possam se revelar e serem valorizadas, o que também contribui significativamente para a motivação, ou seja, para o desejo de aprender.” (BRASIL, 2002, p. 133). Dessa maneira, as aulas tornam-se mais interessantes devido ao estimular a participação do aluno e, assim, possibilitar a observação do aprendizado do assunto abordado.

8. BIBLIOGRAFIA

BRASIL. Base Nacional Comum – BCN, 2015. Disponível em <<http://basenacionalcomum.mec.gov.br/#/site/inicio>>. Acesso em: 02 jul 2016.

BRASIL, MEC. Secretaria de Educação Básica. **Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais de Educação Básica**. Brasília, 2013. 565p. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=15548-d-c-n-educacao-basica-nova-pdf&Itemid=30192>. Acesso em: 30 abr. 2016.

BRASIL, MEC. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino Médio**: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Brasília, 2002. 144p. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>. Acesso em 30 abr. 2016.

BAGNATO, V. S.; PRATAVIEIRA, S. **Luz para o progresso do conhecimento e suporte da vida**. Rev. Bras. Ens. Fís. v. 35, n.2, 2314, 2013.

CAVALCANTE, M. A.; TAVOLARO, C. R. C. **Uma Caixinha para Estudo de Espectros**. Física na Escola, v. 3, n. 2, 2002.

FERREIRA, R. C.; et al. **Contextualizando ondas e cores**. Disponível em: <https://www.ufpe.br/pibid/images/EXPOPIBID_2014/Fisica-CAA/CONTEXTUALIZANDO_ONDAS_E_CORES.pdf> Acesso em: 01 out. 2016.

FERREIRA, R. C.; et al. **Contextualizando ondas e cores**. Disponível em: <https://www.ufpe.br/pibid/images/EXPOPIBID_2014/Fisica-CAA/CONTEXTUALIZANDO_ONDAS_E_CORES.pdf> Acesso em: 01 out. 2016.

FEYMANN, R. P.; LEIGHTON, R. B.; SANDS, M. **Lições de Física**. 2ª. ed. Porto Alegre: Bookman, 2008.

GRAF. **Física 2: Física Térmica/Óptica**. 5ª. ed. 3ª. reimpr. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2005.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física: Eletromagnetismo**. 9ª. ed. Rio de Janeiro: LTC, v. 3, 2014.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física: Óptica e Física Moderna**. 9ª. ed. Rio de Janeiro: LTC, v. 4, 2014.

HEWITT, P. G. **Física Conceitual**. 12ª ed. São Paulo: Bookman, 2015.

PARANÁ. **Diretrizes Curriculares da Educação Básica: Física**. 98p. 2008. Disponível em: <<http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=1>>. Acesso em: 30 abr. 2018.

PEDROSA, I. **Da Cor à Cor Inexistente**. 10ª. ed. 3ª. reimpr. Rio de Janeiro: Senac, 2014.

SANTOS, L. F.; PEREIRA, C. J. **Composição de cores através da calibração radiométrica e fotométrica de LEDs: Teoria e experimento**. Rev. Bras. Ens. Fís. v. 35, n.2, 2314, 2013.

SILVA, M. F. F. **Esclarecendo o significado de “cor” em física**. Física na Escola, v.8 n.1, 2007.

TIPLER, P. A.; LLEWELLYN, R. A. **Física Moderna**. 6ª. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014.

TIPLER, P. A.; MOSCA, G. **Física para cientistas e engenheiros: Eletricidade e Magnetismo, Óptica**. 6ª. ed. Rio de Janeiro: LTC, v. 2, 2015.

Plano do Momento 1: Que cor é?

IDENTIFICAÇÃO: Colégio: _____

CURSO: Ensino Médio

DISCIPLINA: Física

PROFESSOR: Marcos Damian Simão

SÉRIE:

CARGA HORÁRIA: 200 MINUTOS

UNIDADE DIDÁTICA: Cor à Luz da Física Moderna

TEMA: Cor e Luz

ASSUNTO: QUE COR É?

COMPETÊNCIAS E HABILIDADES: contidas no plano de unidade

OBJETIVOS:

- Relacionar as informações contidas nos vídeos com processo de percepção das cores.
- Elaborar hipóteses que justifiquem a mudança de cor do vestido.
- Classificar diferentes objetos em transparentes, translúcidos e opacos a partir da observação na caixa de cores.
- Compreender que as composições de cores apresentadas na Caixa de Percepções são possíveis devido ao o princípio da independência dos raios luminosos.
- Compreender o processo de formação de sombra e penumbra como consequência do princípio da propagação retilínea da luz.
- Perceber as relações entre fonte luminosa e obstáculo para formação de sombra e penumbra.
- Relacionar a formação de sombras coloridas com os princípios da propagação da luz.

MOMENTOS DA AULA: Aula 1, Aula 2 e Aula 3.

O Momento 1 possui um tempo de 200 minutos que contempla 4 horas-aula, porém na divisão das experiências a serem realizadas contam-se apenas 3 aulas, sendo assim, a estrutura do Momento 1 está organizada da seguinte forma: Aula 1 - com 50 minutos (1 hora-aula) – investigação inicial; Aula 2 - com 75 minutos (1 hora-aula + ½ hora-aula) – experiência sobre o materiais transparentes, translúcidos e opacos; Aula 3 - com 75 minutos (1 hora-aula + ½ hora-aula) – experiência sobre os conceitos de sombra e penumbra.

AULA 1

1 – Introdução/Motivação: (20 minutos)

Para iniciar a aula o professor apresenta três imagens distintas de um mesmo vestido, que estão na figura 1, e solicita aos alunos que respondam qual a cor do vestido em cada situação.

Figura 1: Imagens do vestido com diferentes luminosidades



Fonte: O globo.

O professor registra no quadro de giz ou quadro branco, os comentários dos alunos. São esperados comentários como: preto e branco; azul e preto; preto e dourado; azul e dourado.

Com a discussão, busca identificar o conhecimento prévio dos alunos sobre cor, percepção e a relação com conceitos de Física Clássica e/ou Moderna.

Após registrar as respostas dos alunos, o professor apresenta as três imagens do vestido juntas e questiona sobre qual é o verdadeiro vestido. Registra as respostas no quadro de giz ou quadro branco. Durante a apresentação das imagens podem surgir comentários dos alunos sobre a explicação da cor do vestido, devido ao fato da repercussão na mídia do estranho fenômeno observado, o professor deve solicitar aos alunos que registrem seus comentários para serem utilizados futuramente. O professor não deve responder de imediato se o comentário do aluno está correto ou não, mas incentivar o processo de investigação durante a aula. Podem surgir comentários como: Os três vestidos são diferentes; É o mesmo vestido.

O professor ao final dos comentários dos alunos, deve realizar o seguinte questionamento: **Quais os conceitos relacionados ao efeito observado?**

Possíveis respostas: A luz; A luminosidade do ambiente; A percepção de cores; A mudança da luminosidade ambiente modifica a forma da percepção das cores.

O professor registra as respostas dos alunos e faz uma breve discussão das mesmas.

2 – Desenvolvimentos (20 minutos)

O professor começa com a discussão das respostas dos alunos sobre as imagens do vestido mostrando que é importante compreender como ocorreu o fenômeno observado. Para dar sequência na atividade, o professor apresenta três vídeos que relacionam cor, luz e uma possível explicação para o vestido, e solicita que os alunos registrem suas observações sobre os vídeos. Os vídeos apresentados estão citados abaixo:

- Afinal qual a cor do vestido (duração: 01:49)¹⁷: o vídeo apresenta a repórter Sandra Annenberg explicando pelo ponto de vista de um psiquiatra a explicação para o efeito observado no vestido.
- A sensação que as cores provocam no ambiente - psicologia das cores (duração: 02:07)¹⁸: o vídeo apresenta o problema para a escolha da cor de uma venda e como as cores influenciam as nossas sensações.
- Cor na Publicidade (duração: 03:10)¹⁹: o vídeo apresenta a importância da cor para a publicidade e como ela afeta a propaganda de diversos produtos.

Ao final do primeiro vídeo “Afinal qual a cor do vestido?” (01:49) e faz questionamentos aos alunos. O material OQR para o professor está contido na seção 3.1 do capítulo 3 da página 158 a 159 e, o material OQR para o aluno preencher está contido na seção 3.1 do capítulo 3 da página 178 a 179. O professor deve anotar as respostas dos alunos no quadro. Após esse registro, o professor discute de forma geral com todos os alunos as respostas apresentadas.

Ao final da primeira discussão, o professor apresenta o segundo vídeo “A sensação que as cores provocam no ambiente - psicologia das cores” (02:06). Em seguida, faz questionamentos que estão no OQR (seção 3.1, cap. 3 da página 158 a 159 para o professor e na seção 3.2, cap. 3 da página 178 a 179 para o aluno). O professor deve anotar as respostas dos alunos no quadro. Após esse registro, o professor discute de forma geral com todos os educandos as respostas apresentadas.

Para finalizar a primeira aula, o professor apresenta o terceiro vídeo “Cor na Publicidade” (03:10) e faz alguns questionamentos que estão no OQR (seção 3.1, cap. 3 da página 158 a

¹⁷ Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=GDdX7HdKgtU&t=6s//>>. Acesso em: 20 abr. 2017.

¹⁸ Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=sEtg5b_TdyQ>. Acesso em: 20 abr. 2017.

¹⁹ Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=Uteluak2cYs>>. Acesso em: 20 abr. 2017.

159 para o professor e na seção 3.2, cap. 3 da página 178 a 179 para o aluno). O professor deve anotar as respostas dos alunos no quadro. Após esse registro, o professor discute de forma geral com todos os alunos as respostas apresentadas.

3 - Síntese integradora (10 minutos)

Após a exposição e discussão dos vídeos, o professor solicita que os alunos se organizem em grupos e elaborem hipóteses sobre como enxergamos as cores, esta ação também está relacionada ao processo de avaliação, deixando no quadro um questionamento:

A luz é responsável por percebemos as cores?

Ao finalizarem suas hipóteses, o professor realiza uma assembleia para que cada grupo as relate. Depois de todos os grupos relatarem suas hipóteses o professor solicita o registro dos alunos para análise posterior.

AValiação

A avaliação ocorre durante toda a aula, apresenta dois aspectos: avaliação qualitativa, a partir das observações e comentários feitos durante a aula, na participação, no interesse e na interação entre os alunos, e avaliação quantitativa que integra os OQR apresentados pelos alunos e a hipótese elaborada por cada grupo ao final da discussão dos vídeos.

RECURSOS FÍSICOS

- Quadro de giz ou quadro branco;
- Giz;
- Projetor de multimídia ou TV Pendrive;
- Computador;
- Caixa de som;
- Folhas de sulfite;

BIBLIOGRAFIA

FEYMANN, R. P.; LEIGHTON, R. B.; SANDS, M. **Lições de Física**. 2. ed. Porto Alegre, Bookman, 2008.

REF. **Física 2: Física Térmica/Óptica**. 5. ed. 3. reimpr. São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo, 2005. 363p.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física**. 9. ed. Rio de Janeiro, LTC, 2014. 400p.

PEDROSA, I. **Da Cor à Cor Inexistente**. 10. ed. 3. reimpr. Rio de Janeiro, Senac, 2014. 256p.

SILVA, M. F. F. **Esclarecendo o significado de “cor” em física**. Física na Escola, v.8 n.1, 2007.

VÍDEOS

Afinal qual a cor do vestido. Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=GDdX7HdKgtU>>. Acesso em: 20 abr. 2017.

A sensação que as cores provocam no ambiente - psicologia das cores. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=sEtg5b_TdyQ>. Acesso em: 20 abr. 2017.

Cor na publicidade. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=Uteluak2cYs>>. Acesso em: 20 abr. 2017.

OBSERVAÇÕES:

- O professor deve baixar os vídeos com antecedência para evitar problemas no momento de assisti-los.
- O vídeo Cor na publicidade deve ser editado para ter o tempo de 03min10segundos, esse trecho contém a parte principal do assunto, depois desse tempo as imagens seguintes não são apropriadas para o momento, pois tratam de propaganda de bebida alcoólica e exposição do corpo.
- O professor, durante as aulas, deve alertar os alunos para registrarem suas observações, comentários e dúvidas, pois são importantes para as discussões seguintes.

AULA 2

1 – Introdução/motivação: (10 minutos)

Para iniciar a aula, o professor deve retomar a discussão das hipóteses elaboradas pelos alunos no final da Aula 1 do Momento 1. Nessa etapa, deve-se ressaltar aos alunos a importância de investigar se as hipóteses são válidas para explicar o fenômeno observado no vestido. O professor propõe uma sequência de experiências envolvendo luz (princípio de propagação da luz e independência dos raios luminosos) e sua interação com diferentes objetos (transparentes, translúcidos e opacos).

O professor solicita que cada grupo se posicione na mesa que contém uma Caixa de Percepções (Caixa). Essas caixas estão organizadas com diferentes materiais: 3 caixas contêm separadamente material transparente, translúcido e opaco e 1 caixa apresenta apenas lâmpadas com filtros de cor.

A atividade é realizada com um tempo determinado, cada grupo manipula o material que está na Caixa durante 10 minutos, após esse tempo, os grupos trocam de caixa e repetem a atividade por mais 10 minutos e, assim sucessivamente, até todos os grupos passarem pelas quatro caixas. Para cada caixa existe um material OQR elaborado pelo professor, (seção 3.1, cap. 3 da página 160 a 163 para o professor e na seção 3.2, cap. 3 da página 180 a 183 para o aluno). No quadro 1, apresenta-se a dinâmica que os grupos devem seguir para as observações na Caixa.

Quadro 1: Ordem dos grupos para as observações

Ordem de Observação	I - 10 min	II – 10 min	III – 10 min	IV – 10 min
Grupo 1	Caixa 1	Caixa 2	Caixa 3	Caixa 4
Grupo 2	Caixa 2	Caixa 3	Caixa 4	Caixa 1
Grupo 3	Caixa 3	Caixa 4	Caixa 1	Caixa 2
Grupo 4	Caixa 4	Caixa 1	Caixa 2	Caixa 3

Fonte: o autor.

2 – Desenvolvimentos (50 minutos)

O professor deve orientar os grupos para a dinâmica de mudança de Caixa, evitando que um grupo fique sem manipular todas as caixas. Cada Caixa apresenta uma atividade diferente descrita abaixo.

Caixa 1 – meio transparente – dentro da Caixa é colocado um material transparente, capa grande de CD preenchida com um quadrado de vidro, para que os alunos observem a situação do material ser transparente a luz incidente.

Caixa 2 – meio translúcido – dentro da Caixa é colocado um material translúcido, capa grande de CD revestida com material plástico, sacola de compras, para que os alunos observem a situação do material deixar passar uma quantidade da luz incidente.

Caixa 3 – meio opaco – dentro da Caixa é colocado um material opaco, capa grande de CD revestida com papel adesivo (contact) branco, para que os alunos observem a situação do material não deixar passar a luz incidente.

Caixa 4 – conjunto de filtro de cor – capas pequenas de CD pintadas com tinta vitral nas cores verde, vermelho e azul, para que os alunos observem que esses filtros se comportam como um material translúcido a luz incidente, permitindo apenas a passagem de uma gama de comprimentos de onda.

Após todos os grupos manipularem os materiais das quatro caixas e responderem os questionamentos, o professor faz uma discussão sobre as observações norteadas pelas questões:

O que é recorrente em todas as caixas?

O que diferencia cada caixa?

Onde forma sombra e penumbra?

Espera-se que os alunos apresentem as seguintes respostas:

- Regiões que não foram iluminadas ou parcialmente iluminadas – regiões de sombra e penumbra);
- Ao acender mais de uma lâmpada com filtros, cores diferentes surgiram na tela branca.

Essas duas observações são importantes para introduzir dois dos três princípios da propagação da luz – propagação retilínea e independência dos raios.

Para a situação dos alunos não apresentarem essas observações, o professor deve projetar com o auxílio do multimídia as imagens dos objetos opaco, translúcido, transparente e dos filtros de cor e identificar regiões não iluminadas ou parcialmente iluminadas, sombra e penumbra, respectivamente, e a mistura de cores ocorrida com o uso de

diferentes filtros de cor. Importante salientar que o professor não deve conceituar como sombra e penumbra nesse momento, apenas ressaltar essa observação.

3 - Síntese integradora (15 minutos)

Após os educandos elencarem suas observações o professor e solicita que os mesmos classifiquem os materiais apresentados nas Caixas. Nesse momento, é importante o professor discutir que tipo de material é o filtro de cor, pois, além de se comportar como um objeto translúcido ele filtra a passagem de luz que chega até a tela branca.

Quando todos os grupos finalizarem a classificação, o professor faz a discussão em forma de assembleia para que cada grupo exponha a forma como classificou todos os objetos apresentados nas caixas. Ao final da aula, é necessário que o professor recolha o OQR (seção 3.2, cap. 3 da página 180 a 183 para o aluno) dos alunos para análise que avaliação posterior.

AValiação

A avaliação ocorre durante toda a aula, apresenta dois aspectos: avaliação qualitativa, a partir das observações e comentários feitos durante a aula, na participação, no interesse e na interação entre os alunos, e avaliação quantitativa que integra os OQR apresentados pelos alunos e a classificação feita por cada grupo ao final das observações nas caixas.

RECURSOS FÍSICOS

- Caixa de cores;
- Conjunto de lâmpadas fluorescentes;
- Objetos opaco, translúcido e transparente.
- Conjunto de filtros de cor.
- Projetor de multimídia ou TV Pendrive;
- Computador;
- Caixa de som;
- Folhas de sulfite;

BIBLIOGRAFIA

FEYMANN, R. P.; LEIGHTON, R. B.; SANDS, M. **Lições de Física**. 2. ed. Porto Alegre, Bookman, 2008.

GRAF. **Física 2: Física Térmica/Óptica**. 5. ed. 3. reimpr. São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo, 2005. 363p.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física**. 9. ed. Rio de Janeiro, LTC, 2014. 400p.

PEDROSA, I. **Da Cor à Cor Inexistente**. 10. ed. 3. reimpr. Rio de Janeiro, Senac, 2014. 256p.

SILVA, M. F. F. **Esclarecendo o significado de “cor” em física**. Física na Escola, v.8 n.1, 2007.

OBSERVAÇÕES

- O professor deve testar os conjuntos experimentais com antecedência para garantir que não haja contratempos ao realizar as experiências.
- O professor deve levar lâmpadas reserva para o caso de alguma lâmpada dos conjuntos falhar.
- Antes de iniciar as experiências, o professor deve orientar os alunos que não é necessário abrir a tampa da caixa, pois existe uma abertura própria para observação.
- Durante a realização da atividade, o professor deve estar atento as observações dos alunos, pois inicialmente podem ocorrer equívocos na forma de observar por meio da Caixa.
- O professor, durante as aulas, deve alertar os educandos para registrarem suas observações, comentários e dúvidas, pois são importantes para as discussões seguintes.

AULA 3

1 – Introdução/motivação: (10 minutos)

Para iniciar a aula, o professor deve retomar as observações da aula anterior, pois assim é possível trabalhar dois princípios da propagação da luz e sua consequência na visão da óptica geométrica:

- Propagação retilínea – formação de sombra e penumbra;
- Independência dos raios luminosos – mistura de cores luz e composição do branco.

O professor propõe outra sequência de experiências envolvendo a relação entre fonte de luz e objeto, para caracterizar a formação de sombra e penumbra, como também o fenômeno das sombras coloridas.

O professor solicita que cada grupo se posicione na mesa que contém uma Caixa. Essas caixas estão organizadas com diferentes materiais: lâmpadas grandes e objeto grande, lâmpadas pequenas e objeto pequeno, lâmpadas com filtros, lâmpadas com filtros, objetos, grande e pequeno.

A atividade é realizada com um tempo de determinado, cada grupo manipula a Caixa durante 10 minutos, após esse tempo os grupos trocam de Caixa e repetem a atividade por mais 10 minutos e, assim sucessivamente, até todos os grupos passarem pelas quatro Caixas. Para cada Caixa existe um OQR (seção 3.1, cap. 3 da página 164 a 167 para o professor e na seção 3.2, cap. 3 da página 184 a 187 para o aluno) elaborado pelo professor.

2 – Desenvolvimentos (50 minutos)

O professor deve orientar os grupos para a dinâmica de mudança de Caixa, evitando que um grupo fique sem manipular os materiais de algumas das caixas. A dinâmica que os grupos devem seguir para as observações na Caixa está contida no Quadro 1 citada anteriormente. Cada caixa apresenta uma atividade diferente descrita a seguir:

Caixa 1 – suportes com lâmpadas e sólido geométrico grande de forma triangular, para que os alunos observem a formação da sombra;

Caixa 2 - suportes com lâmpadas com capas de tecido para diminuir a extensão da fonte e sólido geométrico pequeno;

Caixa 3 – suportes com lâmpadas e filtros;

Caixa 4 – suportes com lâmpadas e filtros, sólidos geométricos, grande e pequeno.

Após todos os grupos manipularem os materiais das quatro Caixas e responderem os questionamentos, o professor faz uma discussão sobre as observações norteadas pelas questões:

O que é recorrente em todas as caixas?

O que diferencia cada caixa?

Onde forma sombra e penumbra?

É importante que os alunos respondam individualmente os questionamentos, mas devido ao fato de trabalhar em grupo isso pode ser prejudicado, logo o professor deve proceder da seguinte forma:

- Recolher a folha com o OQR dos alunos para análise posterior;
- Em assembleia, discutir as respostas dos questionamentos referentes a cada Caixa.

Com o auxílio do multimídia, o professor apresenta algumas imagens feitas com a Caixa para discutir com os alunos sobre as regiões que surgem atrás dos objetos: são regiões de sombra e penumbra, região com mistura de cores; discutir sobre a região formada no centro da caixa que apresenta a combinação da luz que atravessou cada filtro (mistura de cores – cor luz); quando as três lâmpadas são acesas surge a cor branca sendo possível definir o princípio da independência dos raios luminosos.

3 - Síntese integradora (15 minutos)

Após os educandos elencarem suas observações, o professor solicita que sejam identificadas as relações para formação de sombra e penumbra, e também, como se explica a formação das sombras coloridas.

Quando todos os grupos expuserem suas observações, o professor faz uma discussão geral, em forma de assembleia, utilizando as imagens das caixas para esclarecer possíveis equívocos nas observações dos alunos. Ao final da aula, é necessário que o professor recolha o OQR (seção 3.2, cap. 3 da página 184 a 187 para o aluno) dos alunos para análise que avaliação posterior.

AValiação

A avaliação ocorre durante toda a aula, apresenta dois aspectos: avaliação qualitativa, a partir das observações e comentários feitos durante a aula, na participação, no interesse e na

interação entre os alunos, e avaliação quantitativa que integra os OQR apresentados pelos alunos e a classificação feita por cada grupo ao final das observações nas caixas.

RECURSOS FÍSICOS

- Caixa;
- Conjunto de lâmpadas fluorescentes;
- Objeto grande e objeto pequeno.
- Conjunto de filtros de cor.
- Projetor de multimídia ou TV Pendrive;
- Computador;
- Caixa de som;
- Folhas de sulfite;

BIBLIOGRAFIA

FEYMANN, R. P.; LEIGHTON, R. B.; SANDS, M. **Lições de Física**. 2. ed. Porto Alegre, Bookman, 2008.

REF. **Física 2: Física Térmica/Óptica**. 5. ed. 3. reimpr. São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo, 2005. 363p.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física**. 9. ed. Rio de Janeiro, LTC, 2014. 400p.

PEDROSA, I. **Da Cor à Cor Inexistente**. 10. ed. 3. reimpr. Rio de Janeiro, Senac, 2014. 256p.

SILVA, M. F. F. **Esclarecendo o significado de “cor” em física**. Física na Escola, v.8 n.1, 2007.

OBSERVAÇÕES

- O professor deve testar os conjuntos experimentais com antecedência para garantir que não haja contratempos ao realizar as experiências.

- O professor deve levar lâmpadas reserva para o caso de alguma lâmpada dos conjuntos falhar.

- Antes de iniciar as observações, o professor deve orientar os alunos que não é necessário abrir a tampa da Caixa, pois existe uma abertura própria para observação.

- Durante a realização da atividade o professor deve estar atento a observações dos alunos, pois inicialmente podem ocorrer equívocos na forma de observar o experimento.

- O professor, durante as aulas, deve alertar os educandos para registrarem suas observações, comentários e dúvidas, pois são importantes para as discussões seguintes.

PLANO DO MOMENTO 2: MISTURAR CORES

IDENTIFICAÇÃO: Colégio: _____

CURSO: Ensino Médio

DISCIPLINA: Física

PROFESSOR: Marcos Damian Simão

SÉRIE:

CARGA HORÁRIA: 200 MINUTOS

UNIDADE DIDÁTICA: Cor à Luz da Física Moderna

TEMA: Cor e Luz

ASSUNTO: Luz ou Pigmento

COMPETÊNCIAS E HABILIDADES: contidas no plano de unidade.

OBJETIVOS:

- Identificar os fatores que influenciam a visão das cores por meio de simulação computacional.
- Classificar as cores – pigmento como primárias e secundárias a partir da mistura de tinta e movimento de objetos coloridos.
- Diferenciar a cor- luz de cor-pigmento por meio de aparatos experimentais.
- Identificar os espectros de diferentes lâmpadas com o auxílio do espectrômetro.
- Perceber as diferenças na formação dos espectros das lâmpadas incandescente, fluorescente e LED – RGB.
- Perceber o processo de decomposição da cor-pigmento a por meio da absorção da água por filtro de café.
- Relacionar a cor do objeto com uma interação da luz e a matéria.

MOMENTOS DA AULA: Aula 4, Aula 5 Aula 6 e Aula 7.

O Momento 2 possui um tempo de 200 minutos que contempla 4 horas-aula, divididas da seguinte forma: Aula 4 - com 50 minutos (1 hora-aula) – retomada das hipóteses desenvolvimento de experiências na forma de sala multiambiente; Aula 5 - com 50 minutos (1 hora-aula) – experiências na forma de sala multiambiente; Aula 3 - com 50 minutos (1 hora-aula) – experiências na forma de sala multiambiente; Aula 6 - com 50 minutos (1 hora-aula) – experiências na forma de sala multiambiente; Aula 7 - com 50 minutos (1 hora-aula) – experiências na forma de sala multiambiente e avaliação do Momento 2. Devido ao tempo de observação nas experiências ser maior, existe a possibilidade de desenvolver duas experiências em cada aula, deixando a discussão para quando todos os grupos terminarem as atividades.

1 – Introdução/Motivação: (20 minutos)

Para iniciar a aula, o professor retoma o resultado da assembleia realizada na Aula 3 do Momento 1, no qual foram elaboradas as hipóteses sobre o fenômeno observado no vestido. Com as hipóteses, o professor abre a discussão, elencando a importância da investigação para comprová-las. O professor deve indagar aos alunos sobre um dos conceitos importantes a serem discutidos para entender todo o fenômeno da aparente mudança de cor do vestido. Os alunos devem perceber que o conceito a ser discutido é a cor, pois, faz-se necessário compreender como classificar as cores sendo elas, pigmento ou luz, além da forma de misturar, e separar as cores.

Para o caso que os alunos não apresentem a cor como conceito importante, o professor deve retomar as hipóteses mostrando que antes de se discutir conceitos mais complexos e abstratos, deve-se elencar aquele que é o predominante na situação.

O professor fará outra sequência de experiências envolvendo a relação entre cor-luz e cor-pigmento, a mistura e também por meio de simulação investigar o processo de visão. Finalizada a discussão inicial, o professor solicita aos educandos que formem grupos para desenvolver as práticas do Momento 2. São quatro atividades desenvolvidas divididas por mesas como mostra a seguir:

Mesa 1 – Simulador Color Vision²⁰ - computador conectado à internet com o simulador instalado, para que os alunos manipulem o modelo de percepção das cores apresentado no simulador;

²⁰ Disponível em: < https://phet.colorado.edu/sims/html/color-vision/latest/color-vision_en.html>. Acesso em: 20 abr. 2017.

Mesa 2 – Mistura de cores pigmento - conjunto de tintas guaches com pincéis e pião de Newton, para que os alunos explorem a mistura de cores de diferentes formas;

Mesa 3 - Decompondo as cores (pigmento e luz) - filtros de papel e canetas coloridas, suporte com lâmpadas, prismas e espectrômetros, para que os alunos observem o processo de separação da mistura das cores pigmento e a dispersão da mistura das cores luz;

Mesa 4 - Interação da luz e matéria, cores dos objetos - caixa de percepções, suporte com lâmpadas e filtros de cor, e sólidos geométricos de diferentes cores, para que os alunos observem a interação entre as cores luz e pigmento e a influência da percepção das cores.

O professor solicita que cada grupo se posicione na mesa que contém uma prática específica relacionada a cores. Essas mesas estão organizadas com diferentes materiais: simulador, tinta guache, pincéis, pião de papel, primas, espectrômetros, lâmpadas, canetinha, filtro de café, caixa de cores, objetos coloridos.

A atividade é realizada com um tempo determinado, cada grupo realiza a experiência durante 40 minutos, tempo para realizar a prática, discutir as observações, e responder o OQR, após esse tempo, os grupos trocam a mesa e repetem a atividade por mais 40 minutos e, assim sucessivamente, até todos os grupos passarem pelas quatro Mesas. Para cada Mesa existe um OQR (seção 3.1, cap. 3 da página 168 a 170 para o professor e na seção 3.2, cap. 3 da página 188 a 191 para o aluno) elaborado pelo professor.

2 – Desenvolvimento: (160 minutos)

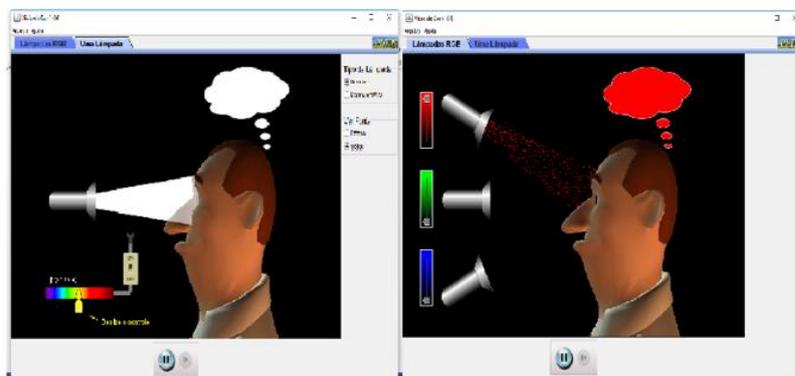
Após a retomada da discussão do Momento 1, elencado a cor como conceito a ser discutido, o professor solicita que os alunos se organizem em grupos para iniciar a sequência atividades. Cada aluno recebe um OQR (seção 3.2, cap. 3 da página 188 a 191 para o aluno) sobre cada atividade. Para que sejam mais organizadas as atividades propostas, cada Mesa está organizada com uma ou mais práticas a serem desenvolvidas.

Mesa 1 – Simulador Color Vison²¹:

²¹ Disponível em: < https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/color-vision>. Acesso em 20 de abr. de 2017.

Essa atividade apresenta uma **REPRESENTAÇÃO (MODELO)** da forma como olhos recebem a radiação luminosa e interpreta as cores, e na figura 2 há a representação da tela da simulação em dois modos.

Figura 2: Imagens da plataforma do simulador



Fonte: O autor.

Os alunos devem manipular o simulador na opção lâmpada branca ou monocromática e lâmpadas RGB. Devem variar a intensidade luminosa das lâmpadas como também acrescentar o filtro de cor. Durante a atividade é necessário que o professor esteja atento a possíveis intervenções para auxiliar os alunos. Durante a observação, os alunos devem registrar todas as informações que acharem relevantes.

Mesa 2: Mistura de cores pigmento:

Essa atividade apresenta a mistura de cores usando tinta, ou seja, cor pigmento. Os educandos trabalharão com tinta guache para produzir diferentes misturas de cores no papel. Deve-se pintar a cartolina (reduzida de tamanho) com as cores primárias e secundárias. O professor não deve identificar quais são as cores primárias e secundárias, mas que os alunos demonstrem na pintura o que entendem.

A segunda atividade de mistura, consiste em pintar um pião feito de jornal e palito de madeira. O procedimento consiste em colocar o pião formado para girar e observar o que ocorre. Ao final da atividade, os alunos devem responder o OQR (seção 3.2, cap. 3 da página 188 a 191 para o aluno) entregue pelo professor.

Mesa 3: Decompondo de cores (pigmento e luz):

Diferente da atividade da Mesa 2 que mistura cores, essa atividade mostra a decomposição das cores – pigmento e dispersão das cores – luz. Os educandos devem, com o

auxílio do prisma, projetar a decomposição da luz branca na sala de aula, observar o que ocorre e responder o material OQR. Após esse procedimento, os alunos devem pintar o círculo desenhado no papel de filtro com uma cor das canetas que estão disponíveis, depois o papel deve ser colocado na água para que a separação da tinta ocorra.

E como última atividade desta Mesa, os educandos fazem a observação dos espectros das lâmpadas incandescente, fluorescente e LED – RGB. Ao final de cada procedimento, os alunos respondem o material referente a Mesa 3.

Mesa 4: Interação da luz e matéria – cores dos objetos:

A quarta sequência de atividades relaciona a interação entre luz e matéria, considerando o processo de visão das cores dos objetos. Os alunos observam na caixa de cores objetos com cores variadas, iluminados pelas lâmpadas com filtros de cor. Essa atividade tem por finalidade mostrar que a cor dos objetos está relacionada com a luz que incide e é refletida pelo objeto. Os alunos tentam identificar a cor do objeto sem que as lâmpadas estejam acesas. Em seguida, a atividade é acender as lâmpadas sem filtro e gradativamente para que ser identificada a cor do objeto.

Para finalizar a atividade, os alunos devem colocar os filtros a frente das lâmpadas e observar o que ocorre com as cores dos objetos quando um ou mais filtros são utilizados. Finalizada a sequência de atividades, os alunos devem responder o OQR específico dessa atividade.

3 - Síntese integradora (20 minutos)

Após todos os grupos realizarem as atividades, faz-se uma assembleia para discussão dos conceitos envolvidos nas atividades. O professor anota as ideias chaves no quadro. É importante o professor observar que os alunos apresentem os seguintes conceitos: decomposição (pode aparecer como separação) das cores; mistura de cor luz e cor pigmento; a detecção da cor de um objeto ocorre pela reflexão da luz no material; observamos a cor refletida pelo material e material preto absorve todas as cores.

No entanto, o professor deve estar preparado para que as respostas surjam de maneiras diferentes, tornando-se necessário a organização das ideias apresentadas pelos educandos para que ocorra a conceituação correta dos fenômenos observados.

Ao final da aula, o professor realiza o seguinte questionamento: **Como percebemos as cores dos objetos?** E espera-se as seguintes respostas: Pela reflexão da luz pelo objeto; Interação da luz com matéria; Luz emitida pelo material ao ser iluminado.

AVALIAÇÃO

A avaliação ocorre durante toda a aula, apresenta dois aspectos: avaliação qualitativa, a partir das observações e comentários feitos durante a aula, na participação, no interesse e na interação entre os alunos, e avaliação quantitativa que integra os OQR apresentados pelos alunos e a classificação feita por cada grupo ao final das observações nas Mesas.

RECURSOS FÍSICOS

- Caixa;
- Conjunto de lâmpadas fluorescentes;
- Objeto grande e objeto pequeno;
- Conjunto de filtros de cor;
- Projetor de multimídia ou TV Pendrive;
- Computador;
- Folhas de sulfite;
- Folhas de Cartolina;
- Tinta guache nas seguintes cores: vermelho, verde, azul, amarelo e branco;
- Pincéis;
- Suporte para tinta;
- Pião feito com jornal e espeto de madeira;
- Pedacos de filtro de papel;
- Prismas;
- Espectrômetro;
- Canetinhas;
- Suporte com lâmpada;
- Recipiente com água;
- Papel toalha;
- Materiais de cores diversas.

BIBLIOGRAFIA

FEYMANN, R. P.; LEIGHTON, R. B.; SANDS, M. **Lições de Física**. 2. ed. Porto Alegre, Bookman, 2008.

REF. **Física 2: Física Térmica/Óptica**. 5. ed. 3. reimpr. São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo, 2005. 363p.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física**. 9. ed. Rio de Janeiro, LTC, 2014. 400p.

PEDROSA, I. **Da Cor à Cor Inexistente**. 10. ed. 3. reimpr. Rio de Janeiro, Senac, 2014. 256p.

SILVA, M. F. F. **Esclarecendo o significado de “cor” em física**. Física na Escola, v.8 n.1, 2007.

SIMULADOR

Color Vison. Disponível em:< https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/color-vision>. Acesso em 20 de abr. de 2017.

OBSERVAÇÕES

- O professor deve testar os conjuntos experimentais com antecedência para garantir que não haja contratempos ao realizar as experiências.

- O professor deve levar lâmpadas reserva para o caso de alguma lâmpada dos conjuntos falhar.

- Antes de iniciar as observações, o professor deve orientar os alunos para o cuidado com os materiais, para evitar sujeira, desordem e acidentes nas atividades, pois será manipulado tinta, água, materiais pontiagudos.

- O professor deverá averiguar se no colégio há laboratório de informática para usar o simulador.

- Uma opção para o caso de o laboratório de informática estar ocupado, é solicitar que os alunos tragam computador portátil para a sala de aula, mas deve-se confirmar a possibilidade de usar a internet do colégio.

- Não havendo a possibilidade de usar a internet, o professor deverá gravar vídeos com as possibilidades de manipulação do simulador para utilizar em sala, mas deixando o endereço de acesso do mesmo para que os educandos possam em casa buscar o simulador.

- Como existe a possibilidade de realizar três experiências em sala, Mesas 1,2 e 3, então a experiência envolvendo o simulador, Mesa 4, o professor pode solicitar como atividade extraclasse, recolhendo o OQR na aula seguinte e fazendo a discussão com os alunos.

- Na Mesa 3, que envolve o uso do espectrômetro, é recomendado que o professor permita o uso de aparelho de celular, para que os alunos observem pela câmera do celular os espectros das lâmpadas, evitando o contato direto da luz das lâmpadas com os olhos.

- Durante a realização das experiências, o professor deve estar atento a observações dos alunos, pois inicialmente podem ocorrer equívocos na forma de observar o experimento.

- O professor, durante as aulas, deve alertar os educandos para registrarem suas observações, comentários e dúvidas, pois são importantes para as discussões seguintes.

- Essa aula pode ser dividida, devido ao tempo para observação nas Mesas, tendo a possibilidade do professor desenvolver duas experiências a cada aula, deixando a discussão para depois que todos os alunos desenvolveram as atividades.

PLANO DO MOMENTO 3: A VISÃO

IDENTIFICAÇÃO: Colégio: _____

CURSO: Ensino Médio

DISCIPLINA: Física

PROFESSOR: Marcos Damian Simão

SÉRIE:

CARGA HORÁRIA: 100 MINUTOS

UNIDADE DIDÁTICA: Cor à Luz da Física Moderna

TEMA: Cor e Luz

ASSUNTO: Visão

COMPETÊNCIAS E HABILIDADES: contidas no plano de unidade.

OBJETIVOS:

- Identificar as estruturas que compõem o olho humano e suas funções.

- Compreender que a luminosidade interfere na visão dos objetos.
- Identificar qual fotorreceptor está ativo dependendo da luminosidade ambiente.
- Perceber a mudança de sensação ao modificar a luminosidade do ambiente.

MOMENTOS DA AULA: Aula 8 e Aula 9

O Momento 3 possui um tempo de 100 minutos que contempla 2 horas-aula, divididas da seguinte forma: Aula 8 - com 50 minutos (1 hora-aula) – apresentação da estrutura do olho e seus componentes; Aula 9 - com 50 minutos (1 hora-aula) – experiências relacionadas com a forma de se observar os objetos.

1 – Introdução/Motivação: (20 minutos)

O Momento 3 tem a finalidade de discutir o sentido da visão e o órgão responsável, o olho. O professor retoma as respostas apresentados pelos alunos no questionamento feito ao final do Momento 2, e abre a discussão sobre a importância de compreender os elementos que compõe o olho e conseqüentemente o processo de visão. Após a discussão, o professor apresenta algumas imagens tiradas do simulador Color - Vision utilizado no Momento 2 e questiona os alunos:

A. Qual a forma como a luz chegou até os olhos do personagem?

E espera-se as seguintes respostas: Na forma de raios de luz, e pequenos pontos de luz; Havia duas formas, contínua e discreta; Uma forma era raios de luz e outra como fótons.

B. Quais são as estruturas do olho que compõem o processo da visão?

E espera-se as seguintes respostas: Córnea; Pupila; Cristalino; Retina; Nervo óptico; Fóvea; Cones e bastonetes.

Depois que os alunos respondem aos dois questionamentos, o professor apresenta na forma de slides todas as estruturas do olho e suas funções. Na segunda fase da aula, os alunos são divididos em grupos para observar a Caixa. Dentro de cada caixa existe uma tela pintada com as cores primárias, pigmento fosco, vermelho, amarelo e azul, na qual os alunos devem observá-la seguindo o OQR (seção 3.1, cap. 3 da página 171 a 172 para o professor e na seção 3.2, cap. 3 da página 192 a 194 para o aluno) entregue pelo professor e responder as questões após a observação. O professor deve levar 20 minutos para apresentar a

sequência de slides sobre as estruturas do olho e suas funções, depois os alunos têm um tempo de 40 minutos para realizarem as observações e responderem os questionamentos.

2 – Desenvolvimento: (60 minutos)

O professor apresenta, com o auxílio do projetor de multimídia ou TV pendrive, uma sequência de imagens do simulador Color-Vision para questionar os alunos sobre o modo com a luz chegou aos olhos do personagem e quais são as estruturas do olho e como elas influenciam no processo de visão.

Com as respostas apresentadas pelos alunos, o professor inicia uma apresentação em slides sobre as estruturas que compõem o olho e suas funções para o processo de visão. Durante a apresentação, é importante a participação dos alunos, por isso, faz-se necessário questionar os alunos sobre a função de cada estrutura para investigar quais os conceitos os educandos possuem sobre o processo de visão. Ao final da apresentação, o professor faz uma breve discussão para sanar possíveis dúvidas dos educandos sobre o assunto abordado.

Para a segunda fase da aula, os educandos dividem-se em grupos e se posicionam numa mesa que contém a Caixa. Nas Caixas estão coladas na tela branca, as cartolinas que foram pintadas numa das experiências do Momento 2. Os educandos devem observar primeiramente o conteúdo da Caixa sem ligar lâmpada alguma, para que seja possível identificar qual célula fotorreceptora é ativada. O tempo de adaptação é medido por um aluno do grupo, que deve ser entre trinta segundos a um minuto. Passado o tempo de adaptação, o educando deve observar o que há dentro de caixa, como também perceber quais as mudanças percebidas pela visão no ambiente com pouca luminosidade.

Após a observação, o educando deve acender as lâmpadas seguindo OQR o (seção 3.2, cap. 3 da página 192 a 194 para o aluno) contido na Mesa, e realizar a mesma observação, mas agora considerando um ambiente com muita luminosidade. O tempo de adaptação para a segunda fase de observação é o mesmo, importante ressaltar que o professor deverá auxiliar os grupos nas observações sempre os questionando sobre as sensações que surgem na atividade. Quando os educandos terminarem a segunda fase, podem responder o OQR (seção 3.2, cap. 3 da página 192 a 194 para o aluno) entregue ao grupo.

3 - Síntese integradora (20 minutos)

Após todos os grupos observarem a Caixa, o professor finaliza a aula com a discussão das repostas para identificar se os alunos perceberam a variação da percepção dos

objetos quando o ambiente possui pouca ou muita luminosidade. O professor deverá sanar possíveis dúvidas dos alunos, além de corrigir repostas equivocadas que surgirem da discussão.

AVALIAÇÃO

A avaliação ocorre durante toda a aula, apresenta dois aspectos: avaliação qualitativa, a partir das observações e comentários feitos durante a aula, na participação, no interesse e na interação entre os alunos, e avaliação quantitativa que integra os OQR apresentados pelos alunos e a classificação feita por cada grupo ao final das observações na Caixa.

RECURSOS FÍSICOS

- Caixa;
- Conjunto de lâmpadas fluorescentes;
- Conjunto de filtros de cor;
- Projetor de multimídia ou TV Pendrive;
- Computador;
- Folhas de Cartolina pintadas;
- Tela branca.

BIBLIOGRAFIA

FEYMANN, R. P.; LEIGHTON, R. B.; SANDS, M. **Lições de Física**. 2. ed. Porto Alegre, Bookman, 2008.

REF. **Física 2: Física Térmica/Óptica**. 5. ed. 3. reimpr. São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo, 2005. 363p.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física**. 9. ed. Rio de Janeiro, LTC, 2014. 400p.

PEDROSA, I. **Da Cor à Cor Inexistente**. 10. ed. 3. reimpr. Rio de Janeiro, Senac, 2014. 256p.

SILVA, M. F. F. **Esclarecendo o significado de “cor” em física**. Física na Escola, v.8 n.1, 2007.

OBSERVAÇÕES

- O professor deve testar os conjuntos experimentais com antecedência para garantir que não haja contratempos no momento de realizar as experiências.
- O professor deve levar lâmpadas reserva para o caso de alguma lâmpada dos conjuntos falhar.
- Durante a realização das atividades, o professor deve estar atento a observações dos alunos, pois inicialmente podem ocorrer equívocos na forma de observar o experimento.
- O professor, durante as aulas, deve alertar os educandos para registrarem suas observações, comentários e dúvidas, pois são importantes para as discussões seguintes.
- O professor deve averiguar a disponibilidade de multimídia ou TV pendrive no colégio.
- No momento da observação da caixa, os educandos devem se organizar para cronometrar o tempo de adaptação.

PLANO DO MOMENTO 4: ESPECTROS DE CORES?

IDENTIFICAÇÃO: Colégio: _____

CURSO: Ensino Médio

DISCIPLINA: Física

PROFESSOR: Marcos Damian Simão

SÉRIE:

CARGA HORÁRIA: 100 MINUTOS

UNIDADE DIDÁTICA: Cor à Luz da Física Moderna

TEMA: Cor e Luz

ASSUNTO: Espectros de cores.

COMPETÊNCIAS E HABILIDADES: contidas no plano de unidade.

OBJETIVOS:

- Identificar os diferentes espectros das lâmpadas.
- Perceber as características dos espectros ao mudar a lâmpadas e/ou a cor.
- Compreender as particularidades dos espectros contínuo ou discreto.

MOMENTOS DA AULA: Aula 10 e Aula 11

O Momento 4 possui um tempo de 100 minutos que contempla 2 horas-aula, divididas da seguinte forma: Aula 10 - com 50 minutos (1 hora-aula) – experiência com o

espectrômetro; Aula 11 - com 50 minutos (1 hora-aula) – apresentação na forma de slides, os conceitos de espectro visível, espectros e emissão e absorção.

1 – Introdução/Motivação: (20 minutos)

O professor inicia a aula com as conclusões dos Momentos 1, 2 e 3, discutindo com os alunos a falta de um elemento para compreender o processo de cores e sua percepção. Durante a discussão, o professor retoma as respostas apresentadas pelos educandos na atividade da Mesa 4 que envolvia a observação das lâmpadas com o espectrômetro, para identificar as semelhanças e diferenças existentes nas lâmpadas.

Em seguida, o professor solicita que os alunos formem grupos para desenvolver as experiências envolvendo o espectrômetro e filtros de cores. Ao final das observações e preenchimento OQR (seção 3.1, cap. 3 da página 173 a 174 para o professor e na seção 3.2, cap. 3 da página 195 a 196 para o aluno), o professor apresenta uma sequência de slides sobre os espectros observados nas lâmpadas, qual a explicação apresentada para esses espectros e também as formas de espectros que podem ser formados.

2 – Desenvolvimento: (60 minutos)

O professor informa que a observação das lâmpadas, incandescente, fluorescente e LED, deve ser feita com o auxílio do espectrômetro combinado com a câmera do celular, pois não é aconselhável observar diretamente as lâmpadas por um período muito longo. Os educandos devem realizar a atividade da seguinte forma: Observar todas as lâmpadas, incandescente, fluorescente e LED, com a combinação de espectrômetro e câmera do celular. Na lâmpada LED, utilizar o controle remoto e alterar as cores da mesma. Depois de observadas as três lâmpadas, deve-se colocar os filtros (um ou mais) no suporte e repetir a observação. Responder o OQR (seção 3.2, cap. 3 da página 195 a 196 para o aluno).

Durante a atividade, o professor deverá caminhar entre os grupos, para sanar possíveis dúvidas ou equívocos ao realizar cada experiência. Durante a observação, é esperado que os alunos combinem os três filtros para observar a luz emitida pelas lâmpadas. Não ocorrendo essa possibilidade, o professor devera indagar com os alunos o que ocorreria se os três filtros fossem combinados, pois considerando a função do filtro, toda a luz deveria ser bloqueada, mas como os filtros não são homogêneos, isso não ocorre.

Uma forma de demonstrar esse fato é colocar os filtros combinados dentro da caixa de cores para que a luminosidade ambiente não interfira e, assim observar que a luminosidade diminui, mas não é totalmente bloqueada pelos filtros.

Depois de finalizada a observação, o professor discute as respostas educandos e apresenta, na forma de slides, o conceito de espectro eletromagnético, como ele é formado, sendo por emissão ou absorção de luz e algumas aplicações.

3 - Síntese integradora (20 minutos)

Após todos os grupos observarem as lâmpadas com o espectrômetro, o professor finaliza a aula com a discussão das repostas apresentadas pelos alunos e discute, na forma de slides, o conceito de espectro eletromagnético. Ao final da apresentação, o professor faz uma breve discussão para identificar se os alunos perceberam a variação dos espectros das lâmpadas. O professor deverá sanar possíveis dúvidas dos alunos, além de corrigir repostas equivocadas que surgirem da discussão.

AVALIAÇÃO

A avaliação ocorre durante toda a aula, apresenta dois aspectos: avaliação qualitativa, a partir das observações e comentários feitos durante a aula, na participação, no interesse e na interação entre os alunos, e avaliação quantitativa que integra os OQR apresentados pelos alunos depois de finalizada a observação das lâmpadas com o espectrômetro.

RECURSOS FÍSICOS

- Suporte para lâmpadas
- Lâmpadas fluorescente, incandescente e LED;
- Conjunto de filtros de cor;
- Projetor de multimídia ou TV Pendrive;
- Computador;
- Espectrômetro.

BIBLIOGRAFIA

FEYMANN, R. P.; LEIGHTON, R. B.; SANDS, M. **Lições de Física**. 2. ed. Porto Alegre, Bookman, 2008.

GRAF. **Física 2: Física Térmica/Óptica**. 5. ed. 3. reimpr. São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo, 2005. 363p.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física**. 9. ed. Rio de Janeiro, LTC, 2014. 400p.

PEDROSA, I. **Da Cor à Cor Inexistente**. 10. ed. 3. reimpr. Rio de Janeiro, Senac, 2014. 256p.

SILVA, M. F. F. **Esclarecendo o significado de “cor” em física**. Física na Escola, v.8 n.1, 2007.

OBSERVAÇÕES

- O professor deve testar os conjuntos experimentais com antecedência para garantir que não haja contratempos no momento de realizar as experiências.

- O professor deve levar lâmpadas reserva para o caso de alguma lâmpada dos conjuntos falhar.

- Durante a realização da atividade, o professor deve estar atento a observações dos alunos, pois inicialmente podem ocorrer equívocos na forma de observar o experimento.

- O professor, durante as aulas, deve alertar os educandos para registrarem suas observações, comentários e dúvidas, pois são importantes para as discussões seguintes.

- Solicitar que os educandos realizem as observações das lâmpadas usando a câmera do celular, para evitar desconforto nos olhos pelo tempo de exposição a luz de diferentes lâmpadas.

- O professor deve averiguar a disponibilidade de multimídia ou TV pendrive no colégio.

PLANO DO MOMENTO 5: FÓTON EM CORES

IDENTIFICAÇÃO: Colégio: _____

CURSO: Ensino Médio

DISCIPLINA: Física

PROFESSOR: Marcos Damian Simão

SÉRIE:

CARGA HORÁRIA: 100 MINUTOS

UNIDADE DIDÁTICA: Cor à Luz da Física Moderna

TEMA: Cor e Luz

ASSUNTO: Fóton e Percepção das Cores.

COMPETÊNCIAS E HABILIDADES: contidas no plano de unidade.

OBJETIVOS:

- Perceber a mudança da saturação do objeto com a alteração de luminosidade.
- Identificar a relação de comprimento de onda na percepção das cores dos objetos.
- Compreender a correlação do fóton para identificar as cores dos objetos.
- Entender a percepção das cores dos objetos a partir dos conceitos de Física Moderna.

MOMENTOS DA AULA: Aula 12 e Aula 13

O Momento 5 possui um tempo de 100 minutos que contempla 2 horas-aula, divididas da seguinte forma: Aula 12 - com 50 minutos (1 hora-aula) – apresentação da forma de slides sobre o modelo atômico de Niels Bohr, quantização de energia, fóton e os conceitos que interferem na percepção das cores; Aula 13 - com 50 minutos (1 hora-aula) – desenvolvimento de experiências sobre os elementos que interferem na percepção das cores e conclusão sobre a explicação do fenômeno observado no vestido apresentado no Momento 1.

1 – Introdução/Motivação: (20 minutos)

O quinto momento dessa sequência de aulas trata da discussão da percepção da cor e sua relação com o fóton. O professor retoma as discussões da aula anterior sobre espectros de emissão, reforça algumas discussões e apresenta na forma de slides as explicações desses espectros pelo modelo atômico de Niels Bohr. Nessa apresentação, surgem os conceitos de quantização de energia de Max Planck e efeito fotoelétrico de Albert Einstein.

Após a discussão desses conceitos, é apresentada os fatores que interferem na percepção da cor, o comprimento de onda, a saturação e a luminosidade. Finalizada a apresentação, o professor solicita aos educandos que se dividam em grupos para trabalhar com a Caixa.

2 – Desenvolvimento: (60 minutos)

Nesse Momento os alunos manipulam experimentos que envolvem os conceitos relacionados com a percepção das cores, o comprimento de onda, a saturação e a luminosidade, ao mesmo tempo que associam o conceito de fóton a percepção das cores.

Os alunos desenvolvem três experiências, seguindo o OQR (seção 3.1, cap. 3 da página 175 a 177 para o professor e na seção 3.2, cap. 3 da página 197 a 199 para o aluno) entregue pelo professor e respondendo ao questionário para cada atividade.

Experiência 1: os alunos fazem duas observações de uma tela que foi pintada com diferentes saturações da mesma cor e que para essa aula foi utilizada a cor-pigmento vermelha. A primeira observação é feita com a tela dentro da Caixa, obedecendo o tempo de adaptação dos olhos, acendendo as lâmpadas gradativamente para perceber a mudança de luminosidade ambiente e como a interferência desse fator modifica a percepção das cores dos objetos. A segunda observação será feita com a luz ambiente, pois assim a luminosidade aumenta em relação as lâmpadas da Caixa.

Experiência 2: os alunos observam um conjunto de sólidos geométricos dentro da Caixa. Os filtros de cores estão posicionados a frente das lâmpadas de modo a ocorrer a composição de cor-luz e assim discutir a relação de comprimento de onda para identificar as cores dos objetos.

Ao final dessa segunda atividade, o professor faz uma discussão com os alunos sobre as observações e repostas apresentadas, para identificar se ocorreu a compreensão sobre os conceitos relacionados com a percepção das cores. Depois da discussão, o professor organiza a terceira atividade.

Experiência 3: o professor coloca dentro de cada Caixa um mesmo objeto, uma esfera pintada nas cores do vestido da Aula 1 do Momento 1, que deverá ser observado pelos educandos, considerando a presença dos filtros de cor, e o aumento gradativo da luminosidade ambiente pelas lâmpadas. Os alunos marcam o tempo de adaptação e observam o objeto dentro da caixa, e responde ao OQR (seção 3.2, cap. 3 da página 199 para o aluno) sobre a cor do objeto.

3 - Síntese integradora (20 minutos)

Ao final das três atividades, o professor realiza uma assembleia com os alunos para discutir os conceitos abordados na aula e retoma as hipóteses elaboradas na Aula 1 do Momento 1. O professor revela qual a real cor do objeto dentro da Caixa, para que seja possível os educandos identificarem os conceitos que interferem na percepção das cores pelo olho. Para finalizar o Momento 5, o professor solicita que os grupos elaborem um pequeno parágrafo para explicar a forma como percebe-se as cores, considerando toda a atividade desenvolvida nos 5 Momentos. O professor sana possíveis dúvidas dos educandos, além de

corrigir repostas equivocadas que surgirem da discussão. Terminado o parágrafo, o professor deverá ler junto com todos os alunos, para identificar que os mesmos, compreenderam todos os conceitos que explicam a percepção das cores.

AVALIAÇÃO

A avaliação ocorre durante toda a aula, apresenta dois aspectos: avaliação qualitativa, a partir das observações e comentários feitos durante a aula, na participação, no interesse e na interação entre os alunos, e avaliação quantitativa que integra os OQR apresentados pelos alunos depois de finalizadas as atividades e também o parágrafo explicando como percebe-se as cores dos objetos.

RECURSOS FÍSICOS

- Caixa;
- Conjunto de lâmpadas fluorescentes;
- Tela pintada com diferentes saturações;
- Conjunto de filtros de cor;
- Projetor de multimídia ou TV Pendrive;
- Computador;
- Conjunto de sólidos geométricos;
- Esfera de isopor.

BIBLIOGRAFIA

FEYMANN, R. P.; LEIGHTON, R. B.; SANDS, M. **Lições de Física**. 2. ed. Porto Alegre, Bookman, 2008.

REF. **Física 2: Física Térmica/Óptica**. 5. ed. 3. reimpr. São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo, 2005. 363p.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física**. 9. ed. Rio de Janeiro, LTC, 2014. 400p.

PEDROSA, I. **Da Cor à Cor Inexistente**. 10. ed. 3. reimpr. Rio de Janeiro, Senac, 2014. 256p.

SILVA, M. F. F. **Esclarecendo o significado de “cor” em física.** Física na Escola, v.8 n.1, 2007.

OBSERVAÇÕES

- O professor deve testar os conjuntos experimentais com antecedência para garantir que não haja contratempos nas etapas de realizar as experiências.
- O professor deve levar lâmpadas reserva para o caso de alguma lâmpada dos conjuntos falhar.
- Durante a realização da atividade, o professor deve estar atento a observações dos alunos, pois inicialmente podem ocorrer equívocos na forma de observar o experimento.
- O professor, durante as aulas, deve alertar os educandos para registrarem suas observações, comentários e dúvidas, pois são importantes para as discussões seguintes.
- O professor deve averiguar a disponibilidade de multimídia ou TV pendrive no colégio.
- Para o caso do dia estiver nublado, não possibilitando a observação da tela pintada exposta a luz do Sol, o professor pode agrupar mais lâmpadas fluorescentes.

PLANO DO MOMENTO 6: COMPONDO COM CORES

IDENTIFICAÇÃO: Colégio: _____

CURSO: Ensino Médio

DISCIPLINA: Física

PROFESSOR: Marcos Damian Simão

SÉRIE:

CARGA HORÁRIA: 50 MINUTOS

UNIDADE DIDÁTICA: Cor à Luz da Física Moderna

TEMA: Cor e Luz

ASSUNTO: Percepção das Cores.

COMPETÊNCIAS E HABILIDADES: contidas no plano de unidade.

OBJETIVOS:

- Entender a percepção das cores dos objetos a partir dos conceitos de Física Moderna.
- Aplicar os resultados das assembleias realizadas para observar as composições na Caixa.

MOMENTOS DA AULA: Aula 14 e Aula 15

O Momento 6 possui um tempo de 100 minutos que contempla 2 horas-aula, dividida da seguinte forma: Aula 14 - com 50 minutos (1 hora-aula) – desenvolvimento de diferentes composições para observar na Caixa; Aula 15 - com 50 minutos (1 hora-aula) – observação na Caixa e discussão dos conceitos envolvidos.

1 – Introdução/Motivação: (10 minutos)

O sexto momento tem a finalidade de que os educandos componham diferentes combinações de objetos e observem na Caixa, identificando os conceitos relacionados com a percepção das cores. O professor solicita aos alunos que utilizem os materiais colocados sobre as mesas e com eles componham objetos, figuras e situações a serem observadas na Caixa.

2 – Desenvolvimento: (40 minutos)

Os alunos são divididos em grupos e utilizam as mesas onde se encontram materiais utilizados nos Momentos anteriores, a fim de que utilizem os conceitos estudados para compor objetos, figuras e situações para observação na Caixa.

Durante a atividade, o professor deve passar pelos grupos para identificar possíveis dúvidas na organização da atividade, além de realizar questionamentos aos educandos sobre quais conceitos estão relacionados com a percepção das cores dos objetos.

3 - Síntese integradora (10 minutos)

Ao final do tempo de observação, o professor solicita que os alunos registrem as combinações formadas utilizando a câmera do celular.

AVALIAÇÃO

A avaliação ocorre durante toda a aula, apresenta aspecto qualitativo, a partir das observações e comentários feitos durante a aula, na participação, no interesse e na interação entre os alunos.

RECURSOS FÍSICOS

- Caixa;

- Conjunto de lâmpadas fluorescentes;
- Objeto grande e objeto pequeno;
- Conjunto de filtros de cor;
- Folhas de sulfite;
- Folhas de Cartolina;
- Tinta guache nas seguintes cores: vermelho, verde, azul, amarelo e branco;
- Pincéis;
- Suporte para tinta;
- Pião feito com jornal e espeto de madeira;
- Pedacos de filtro de papel;
- Prismas;
- Espectrômetro;
- Canetinhas;
- Sólidos geométricos.

BIBLIOGRAFIA

FEYMANN, R. P.; LEIGHTON, R. B.; SANDS, M. **Lições de Física**. 2. ed. Porto Alegre, Bookman, 2008.

REF. **Física 2: Física Térmica/Óptica**. 5. ed. 3. reimpr. São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo, 2005. 363p.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física**. 9. ed. Rio de Janeiro, LTC, 2014. 400p.

PEDROSA, I. **Da Cor à Cor Inexistente**. 10. ed. 3. reimpr. Rio de Janeiro, Senac, 2014. 256p.

SILVA, M. F. F. **Esclarecendo o significado de “cor” em física**. Física na Escola, v.8 n.1, 2007.

OBSERVAÇÕES

- O professor deve testar os conjuntos experimentais com antecedência para garantir que não haja contratempos na etapa de realizar as experiências.

- O professor deve levar lâmpadas reserva para o caso de alguma lâmpada dos conjuntos falhar.
- Durante a realização da atividade, o professor deve estar atento a observações dos alunos, pois inicialmente podem ocorrer equívocos na forma de observar o experimento.
- O professor, durante as aulas, deve alertar os educandos para registrarem suas observações, comentários e dúvidas, pois são importantes para as discussões seguintes.
- Solicitar que os educandos realizem as observações das lâmpadas usando a câmera do celular, para evitar incomodo nos olhos pelo tempo de exposição a luz de diferentes lâmpadas.

3. Orientações, Questionários e Registros (OQR)

Nesse capítulo são apresentados os documentos Orientações, Questionários e Registros (OQR) que foram elaborados com a função de auxiliar os alunos. Os OQR têm orientações de como proceder em cada experiência proposta, questionamentos norteadores em cada etapa, espaço para observação e comentários da aula, portando, servem de registros e podem ser respondidas em grupos ou individualmente, dependendo de cada caso. Também, os OQR servem como uma das formas de avaliação das atividades desenvolvidas nas aulas. Aqui são apresentados os OQR com as respostas esperadas para que o professor possa observar e avaliar se os alunos estão compreendendo as experiências propostas. Nas sequências são apresentados os mesmos OQR, porém, sem as repostas para que o professor possa fazer reprodução do material e entregar aos alunos, no caso de querer utilizar este Produto Educacional.

3.1 OQR com as respostas esperadas para o professor

Material para o professor

Momento 1: Que cor é?

Aula 1: Investigação inicial

Nome: _____ Ano: _____

Questionamentos:

Vídeo1: Afinal qual a cor do vestido? (01:49)

1. De acordo com a repórter Sandra Annenberg o que influencia a cor do vestido?

Resposta esperada: De acordo com a repórter, a forma como o cérebro interpreta a mudança de luminosidade durante o dia.

2. Qual elemento que afeta a sensação da cor do vestido?

Resposta esperada: A sensação da variação de cores observada no vestido está ligada ao fato da mudança de luminosidade durante o dia.

Vídeo 2: A sensação que as cores provocam no ambiente - psicologia das cores” (02:06)

1. Qual a situação apresentada no vídeo?

Resposta esperada: A indecisão do dono da venda na escolha da cor correta para pintar seu estabelecimento, a forma como são classificadas as cores e a explicação da influência das cores em nossa sensação.

2. Como foram classificadas as cores?

Resposta esperada: Foram classificadas como cores quentes, frias e neutras.

3. Qual a influência da cor na nossa sensação?

Resposta esperada: A escolha da cor para pintar um ambiente pode provocar diferentes sensações ao corpo, que podem ser desde alegria, bem-estar, até mesmo sono ou fome, ou seja, ocorre uma mudança de sentimentos devido a interpretação do cérebro.

Vídeo 3: Cor na Publicidade (03:10)

1. Qual a sensação que trouxe o vídeo na primeira situação preto e branco? E na segunda situação colorido?

Resposta esperada: Na primeira situação, o vídeo não despertava interesse, não se percebia detalhes, era monótono, trazia sentimento de tristeza. Na segunda situação, colorido, detalhes que antes não observados, surgiam despertando o interesse pelo vídeo, aparentava mais movimento dos personagens, trazia um sentimento de alegria.

2. A cor influencia nossa sensação?

Resposta esperada: Sim, pois a sensação, os sentimentos que as cores despertam estão

Espaço para comentários e observações.

(Livre, mas espera-se que o aluno escreva algo.)

relacionados com a interpretação feita pelo cérebro.

Momento 1: Que cor é?

Aula 2: Conceitos Iniciais

Nome: _____ Ano: _____

Questionamentos:

Caixa 1:

Procedimentos: Processo individual

1. Observar pelo visor da caixa o ambiente interno, sem as lâmpadas ligadas.
2. Acender a lâmpada do meio e observar o que ocorre.
3. Identificar os elementos envolvidos na situação: tela branca, objeto transparente, lâmpadas, ambiente escuro.
4. Acender as demais lâmpadas na sequência e observar o que ocorre: **esquerda, direita, centro, esquerda e direita, esquerda e centro, direita e centro, esquerda e direita e centro.** Observar a situação das lâmpadas iluminando o objeto transparente.
5. Responder os questionamentos abaixo.

A. O que observou dentro da caixa com as lâmpadas apagadas?

Resposta esperada: Em primeiro momento, não foi possível observar nada dentro da caixa, é escuridão total. Depois de algum tempo, os olhos começam a se adaptar e foi possível observar muito pouco os contornos de um objeto.

B. Qual sua reação ao acender uma das lâmpadas?

Resposta esperada: Um incomodo nos olhos, ardência e sensibilidade a luz.

C. Que elementos fazem parte da situação?

Resposta esperada: Uma caixa escura contendo um conjunto com três lâmpadas, um objeto transparente em frente as lâmpadas e uma tela branca no fundo da caixa.

D. Descreva o que ocorreu durante o processo efetuado na experiência. Como sugestão pense na seguinte questão: A luz passou pelo objeto presente?

Resposta esperada: A medida que as lâmpadas foram ligadas a intensidade de luz aumentou e o ambiente ficou mais iluminado. A luz atravessou o centro do objeto, possibilitando visualizar a tela contida no fundo da caixa. Nas bordas, a luz não passou e se formaram regiões não iluminadas ou pouco iluminadas a medida que as demais lâmpadas foram acesas.

Caixa 2:

Procedimentos: Processo individual

A. Observar pelo visor da caixa o ambiente interno, sem as lâmpadas ligadas.

B. Acender a lâmpada do meio e observar o que ocorre.

C. Identificar os elementos envolvidos na situação: tela branca, objeto transparente, lâmpadas, ambiente escuro.

D. Acender as demais lâmpadas na sequência e observar o que ocorre: esquerda, direita, centro, esquerda + direita, esquerda e centro, direita e centro, esquerda e direita e centro. Observar a situação das lâmpadas iluminando o objeto translúcido.

E. Responder os questionamentos abaixo.

A. O que observou dentro da caixa com as lâmpadas apagadas?

Resposta esperada: Em primeiro momento, não foi possível observar nada dentro da caixa, é escuridão total. Depois de algum tempo os olhos começam a se adaptar e foi possível observar muito pouco os contornos de um objeto.

B. Qual sua reação ao acender uma das lâmpadas?

Resposta esperada: Um incomodo nos olhos, ardência e sensibilidade a luz.

C. Que elementos fazem parte da situação?

Resposta esperada: Uma caixa escura contendo um conjunto com três lâmpadas, um objeto translúcido em frente as lâmpadas e uma tela branca no fundo da caixa.

D. Descreva o que ocorreu durante o processo efetuado na atividade. Como sugestão pense na seguinte questão: A luz passou pelo objeto presente?

Resposta esperada: A medida que as lâmpadas foram ligadas a intensidade de luz aumentou e o ambiente ficou mais iluminado. A luz atravessou não totalmente o centro do objeto, formando, portanto, uma região pouco iluminada na tela contida no fundo da caixa. Nas bordas, a luz não passou e se formaram regiões não iluminadas ou pouco iluminadas a medida que as demais lâmpadas foram acesas.

Caixa 3:

Procedimentos: Processo individual

1. Observar pelo visor da caixa o ambiente interno, sem as lâmpadas ligadas.
2. Acender a lâmpada do meio e observar o que ocorre.
3. Identificar os elementos envolvidos na situação: tela branca, objeto transparente, lâmpadas, ambiente escuro.
4. Acender as demais lâmpadas na sequência e observar o que ocorre: esquerda, direita, centro, esquerda e direita, esquerda e centro, direita e centro, esquerda e direita e centro. Observar a situação das lâmpadas iluminando o objeto opaco.
5. Responder os questionamentos abaixo.

A. O que observou dentro da caixa com as lâmpadas apagadas?

Resposta esperada: Em primeiro momento, não foi possível observar nada dentro da caixa, é escuridão total. Depois de algum tempo os olhos começam a se adaptar e foi possível observar muito pouco os contornos de um objeto.

B. Qual sua reação ao acender uma das lâmpadas?

Resposta esperada: Um incomodo nos olhos, ardência e sensibilidade a luz.

C. Que elementos fazem parte da situação?

Resposta esperada: Uma caixa escura contendo um conjunto com três lâmpadas, um objeto opaco em frente as lâmpadas e uma tela branca no fundo da caixa.

D. Descreva o que ocorreu durante o processo efetuado na atividade. Como sugestão pense na seguinte questão: A luz passou pelo objeto presente?

Resposta esperada: A medida que as lâmpadas foram ligadas a intensidade de luz aumentou e o ambiente ficou mais iluminado. A luz não atravessou o centro do objeto, formando, portanto, uma região não iluminada na tela contida no fundo da caixa. A

medida que a outras lâmpadas forma acesas, formaram-se regiões um pouco mais iluminadas, mas pelo fato da luz contornar as bordas do objeto e não por atravessar o mesmo.

Caixa 4:

Procedimentos: Processo individual

1. Observar pelo visor da caixa o ambiente interno, sem as lâmpadas ligadas.
2. Acender a lâmpada do meio e observar o que ocorre.
3. Identificar os elementos envolvidos na situação: tela branca, objeto transparente, lâmpadas, ambiente escuro.
4. Acender as demais lâmpadas na sequência e observar o que ocorre: esquerda, direita, centro, esquerda e direita, esquerda e centro, direita e centro, esquerda e direita e centro. Observar a situação das lâmpadas iluminando o objeto translúcido.
5. Responder os questionamentos abaixo.

A. O que observou dentro da caixa com as lâmpadas apagadas?

Resposta esperada: Em primeiro momento, não foi possível observar nada dentro da caixa, é escuridão total. Depois de algum tempo os olhos começam a se adaptar e foi possível observar muito pouco os contornos de um objeto.

B. Qual sua reação ao acender uma das lâmpadas?

Resposta esperada: Um incomodo nos olhos, ardência e sensibilidade a luz.

C. Que elementos fazem parte da situação?

Resposta esperada: Uma caixa escura contendo um conjunto com três lâmpadas, com filtros coloridos em frente as lâmpadas e uma tela branca no fundo da caixa.

D. Descreva o que ocorreu durante o processo efetuado na atividade. Como sugestão pense na seguinte questão: A luz passou pelo objeto presente?

Resposta esperada: A medida que as lâmpadas foram ligadas a intensidade de luz aumentou e o ambiente ficou mais iluminado. O filtro colocado na frente das lâmpadas transmitiu a luz na cor do filtro, formando regiões coloridas na tela ao fundo da caixa.

Livre, mas espera-se que o aluno escreva algo.

Momento 1: Que cor é?

Aula 3: Conceitos Iniciais

Nome: _____ Ano: _____

Questionamentos:

Caixa 1:

Procedimentos: Processo individual

1. Observar pelo visor da caixa o ambiente interno, sem as lâmpadas ligadas.
 2. Acender a lâmpada do meio e observar o que ocorre.
 3. Identificar os elementos envolvidos na situação: tela branca, objeto transparente, lâmpadas, ambiente escuro.
 4. Acender as demais lâmpadas na sequência e observar o que ocorre: esquerda, direita, centro, esquerda e direita, esquerda e centro, direita e centro, esquerda e direita e centro.
 5. Responder os questionamentos abaixo.
- A. Que elementos fazem parte da situação?
- Resposta esperada:** Uma caixa escura contendo um conjunto com três lâmpadas, um objeto triangular e opaco em frente as lâmpadas e uma tela branca ao fundo.
- B. O que ocorre quando a luz incide no objeto?
- Resposta esperada:** A luz incide sobre o objeto, mas não o atravessa, a luz propaga-se em linha reta passando pelas bordas do objeto e projetando uma região não iluminada na tela branca contida no fundo da caixa.
- C. A intensidade da luz é a mesma à medida que as lâmpadas se acendem? Por quê?
- Resposta esperada:** Para cada lâmpada sim, mas considerando que o número de lâmpadas aumenta, a intensidade luz no ambiente aumenta, há mais energia luminosa incidindo no objeto.
- D. Descreva o que ocorreu durante o processo efetuado na atividade. Responda em termos das regiões iluminadas na tela e no objeto e suas respectivas cores.
- Resposta esperada:** À medida que as lâmpadas foram ligadas, a intensidade de luz aumentou e o ambiente ficou mais iluminado. A luz não atravessou o objeto, formando, portanto, uma região não iluminada na tela contida no fundo da caixa. À medida que a

outras lâmpadas foram acesas, formaram-se regiões mais iluminadas. A cor manteve-se inalterada, tanto para a luz, quanto para o objeto.

Caixa número 2:

Procedimentos: Processo individual

1. Observar pelo visor da caixa o ambiente interno, sem as lâmpadas ligadas.
2. Acender a lâmpada do meio e observar o que ocorre.
3. Identificar os elementos envolvidos na situação: tela branca, objeto transparente, lâmpadas, ambiente escuro.
4. Acender as demais lâmpadas na sequência e observar o que ocorre: esquerda, direita, centro, esquerda e direita, esquerda e centro, direita e centro, esquerda e direita e centro.
5. Responder os questionamentos abaixo.

A. Que elementos fazem parte da situação?

Resposta esperada: Uma caixa contendo um conjunto com três lâmpadas (menores), um objeto triangular e opaco em frente as lâmpadas e uma tela branca no fundo.

B. O que ocorre quando a luz incide no objeto?

Resposta esperada: A luz incide sobre o objeto, mas não o atravessa, a luz passa pelas suas bordas e projeta uma região não iluminada mais definida do que na Caixa 1.

C. A intensidade da luz é a mesma à medida que as lâmpadas se acendem? Por quê?

Resposta esperada: Para cada lâmpada sim, mas considerando que o número de lâmpadas aumenta, a intensidade luz no ambiente aumenta, há mais energia luminosa incidindo no objeto.

D. Descreva o que ocorreu durante o processo efetuado na atividade. Responda em termos das regiões iluminadas na tela e no objeto e suas respectivas cores.

Resposta esperada: À medida que as lâmpadas foram ligadas, a intensidade de luz aumentou e o ambiente ficou mais iluminado. A luz não atravessou o objeto, formando, portanto, uma região não iluminada na tela contida no fundo da caixa. À medida que as outras lâmpadas foram acesas, formaram-se regiões um pouco mais iluminadas, mas pelo fato da luz passar pelas bordas do objeto e não por atravessar o mesmo. Essas regiões pouco iluminadas estavam mais definidas, pois as lâmpadas aparentavam dimensão menor. A cor manteve-se inalterada, tanto para a luz, quanto para o objeto.

Caixa número 3:

Procedimentos: Processo individual

1. Observar pelo visor da caixa o ambiente interno, sem as lâmpadas ligadas.
2. Acender a lâmpada do meio e observar o que ocorre.
3. Identificar os elementos envolvidos na situação: tela branca, objeto transparente, lâmpadas, ambiente escuro.
4. Acender as demais lâmpadas na sequência e observar o que ocorre: esquerda, direita, centro, esquerda e direita, esquerda e centro, direita e centro, esquerda e direita e centro.
5. Responder os questionamentos abaixo.

A. Que elementos fazem parte da situação?

Resposta esperada: Um conjunto com três lâmpadas, três filtros (verde, vermelho e azul) e uma tela branca no fundo da caixa.

B. O que ocorre quando a luz incide no objeto?

Resposta esperada: A luz incide sobre a tela no fundo da caixa, porém com a cor referente ao filtro que está na frente da lâmpada. Ocorre uma mistura de cores quando mais lâmpadas se acendem.

C. A intensidade da luz é a mesma à medida que as lâmpadas se acendem? Por quê?

Resposta esperada: Para cada lâmpada sim, mas considerando que o número de lâmpadas aumenta e existe um filtro a frente de cada lâmpada, a intensidade do ambiente muda de acordo com a combinação de filtros utilizados.

D. Descreva o que ocorreu durante o processo efetuado na atividade. Responda em termos das regiões iluminadas na tela e no objeto e suas respectivas cores.

Resposta esperada: À medida que as lâmpadas foram ligadas a intensidade de luz aumentou e o ambiente ficou mais iluminado. A luz ao atravessar o filtro, transmitiu a luz de acordo com a cor do filtro utilizado, pois o filtro comporta-se com um meio translúcido. Quando mais de uma lâmpada foi ligada, formou-se uma combinação de cores na tela branca no fundo da caixa.

E. Formam regiões específicas na tela branca?

Resposta esperada: Sim, pois cada lâmpada ligada iluminou o fundo da caixa. As regiões laterais predominam a cor da lâmpada naquela região, e no centro da tela, predomina a composição das cores de cada lâmpada.

F. A tela apresenta a mesma coloração? Justifique:

Resposta esperada: Não, a cor da tela muda de acordo com o número de lâmpadas ligadas, apresentam combinações de cores referentes aos filtros utilizados.

G. No centro da tela qual a cor predominante?

Resposta esperada: À medida que se ligam as lâmpadas, a cor no centro da tela assume a cor do filtro e a combinação dos filtros. Quando as três lâmpadas estão ligadas, no centro aparece uma região na cor branca da própria tela.

Caixa número 4:

Procedimentos: Processo individual

1. Observar pelo visor da caixa o ambiente interno, sem as lâmpadas ligadas.
2. Acender a lâmpada do meio e observar o que ocorre.
3. Identificar os elementos envolvidos na situação: tela branca, objeto transparente, lâmpadas, ambiente escuro.
4. Acender as demais lâmpadas na sequência e observar o que ocorre: esquerda, direita, centro, esquerda e direita, esquerda e centro, direita e centro, esquerda e direita e centro.
5. Responder os questionamentos abaixo.

A. Que elementos fazem parte da situação?

Resposta esperada: Um conjunto com três lâmpadas, três filtros (verde, vermelho e azul), um sólido geométrico na forma triangular e opaco, e uma tela branca no fundo da caixa.

B. O que ocorre quando a luz incide no objeto?

Resposta esperada: São produzidas regiões de sombra e penumbra à medida que as lâmpadas são ligadas. Quando mais de uma lâmpada é ligada, o objeto adquire a cor da combinação das lâmpadas e nas regiões de sombra, o objeto fica na cor oposta à da lâmpada que está alinhada com a região na tela.

C. A intensidade da luz é a mesma à medida que as lâmpadas se acendem? Por quê?

Resposta esperada: Para cada lâmpada sim, mas considerando que o número de lâmpadas aumenta e existe um filtro a frente de cada lâmpada, a intensidade luminosa do ambiente muda de acordo com a combinação de filtros utilizados.

D. Descreva o que ocorreu durante o processo efetuado na atividade. Responda em termos das regiões iluminadas na tela e no objeto e suas respectivas cores.

Resposta esperada: À medida que as lâmpadas foram ligadas, a intensidade de luz aumentou e o ambiente ficou mais iluminado. A luz, ao atravessar o filtro, transmitiu a luz de acordo com a cor do filtro utilizado, pois o filtro comporta-se com um material translúcido. Quando mais de uma lâmpada foi ligada, formou-se uma combinação de cores no objeto a frente das lâmpadas e na tela branca no fundo da caixa. As cores são determinadas de acordo com a lâmpada ligada. Quando mais de uma lâmpada é ligada a região de sombra apresenta a combinação das cores dos filtros.

Livre, mas espera-se que o aluno escreva algo.

Momento 2: Misturar cores

Nome: _____ Ano: _____

Mesa 1: Simulador (Color - Vision).

A. Quais fatores influenciam a visão das cores no personagem mostrado no simulador?

Resposta: O número de lâmpadas utilizadas, a cor da luz das lâmpadas e a utilização de filtro de cor.

B. Qual a função do filtro para a situação?

Resposta: Transmitir a cor da luz incidente de acordo com a cor do filtro.

C. O que ocorre quando duas lâmpadas monocromáticas incidem nos olhos do personagem do simulador?

Resposta: Ocorre a composição das cores, apresenta uma cor secundária.

D. De que forma o simulador apresenta a luz da lâmpada?

Resposta: O simulador apresenta a luz de duas formas, contínua (feixe) e discreta (fóton).

E. Onde ocorreu a mistura das cores?

Resposta: De acordo com o simulador, a mistura ocorre no momento que as luzes incidem nos olhos do personagem.

Mesa 2: Mistura de cores pigmento

A. Quais são as cores primárias? E secundárias?

Resposta: Primárias: azul, amarelo e vermelho; secundárias: verde, roxo, alaranjado.

B. Como se produz uma cor secundária?

Resposta: Misturando duas cores primárias.

C. O que ocorreu quando girou o pião? Qual a cor formada?

Resposta: Ocorreu a mistura das cores pintadas no peão por movimento do mesmo. A cor formada foi uma cor secundária.

Mesa 3: Decompondo e/ou dispersando cores

A. Qual efeito causado pelo prisma ao incidir luz branca?

Resposta: A dispersão que consiste na separação da luz branca, seu espectro de cores

B. Quando colocada em contato com a água o que ocorreu com o círculo pintado?

Resposta: A cor pintada se decompõe no papel filtro, apresentando as cores que a formaram.

C. Existe diferença entre as lâmpadas de luz branca e a que muda de cor quando observadas pelo espectrômetro?

Resposta: Sim, pois o espectro de cor da lâmpada branca é contínuo (apresenta a uma faixa que vai do azul até o vermelho em termos de menor frequência para maior frequência.) e o da lâmpada que muda de cor é discreto (apresenta algumas cores).

D. Nas três situações existe algo em comum? Justifique:

Resposta: Sim, a forma como se decompõem a luz formando espectros de cores contínuos e discretos.

Mesa 4: Interação da luz e matéria

A. O que possibilita observar os objetos dentro da caixa?

Resposta: A luz emitida pelas lâmpadas e refletida pelo objeto.

B. Houve mudança na cor do objeto observado quando aumenta-se o número das lâmpadas ligadas? Justifique:

Resposta: Sim, pois a cor do objeto ficou mais intensa.

C. Quando colocado o filtro de cor, houve mudança na cor do objeto? Justifique:

Resposta: Sim, pois ocorreu uma mistura das cores das lâmpadas que se misturaram a cor do objeto.

D. Quando o objeto era de cor diferente do filtro o que ocorreu?

Resposta: A cor refletida não era definida, tendendo para preto.

Orientações para as experiências do Momento 2

Procedimentos mesa 1:

1. Escolher a opção: lâmpada branca;
2. Variar os parâmetros do simulador;
3. Registrar as observações;
4. Escolher a opção: lâmpada monocromática;
5. Variar os parâmetros do simulador;
6. Registrar as observações;
7. Responder os questionamentos.

Procedimentos mesa 2:

1. Cada membro deve pegar um retângulo de papel e colocar o nome.
2. Responder à questão 1 da mesa 2;
3. Pintar no retângulo de papel a resposta da questão 1;
4. Deixar o papel secar porque será utilizado em outro momento;
5. Cada membro do grupo deve pegar um peão de papel e pintá-lo com apenas duas cores de livre escolha.
6. Colocar o peão para girar;
7. Observar o que ocorre;
8. Responder os questionamentos.

Recomendações:

- Evitar derramar tinta e/ou água;
- Limpar os pincéis após o uso;
- Tomar cuidado com a tinta para evitar acidentes;

Procedimentos mesa 3:

1. Com o auxílio do prisma, projetar a dispersão da luz branca na parede da sala de aula.
2. Com o auxílio das canetinhas, pintar o círculo desenhado no filtro de papel, e colocar a ponta do filtro na água;

3. Observar o que ocorre;
4. Com o auxílio do suporte com lâmpada, filtros, espectrômetro e o celular observar as variações ocorridas na lâmpada;
5. Observar com e sem os filtros;
6. Registrar com a câmera do celular as imagens;
7. Responder os questionamentos.

Recomendações:

- Evitar derramar água;
- Evitar olhar diretamente a lâmpada com o espectrômetro sem o auxílio do celular.

Procedimentos mesa 4:

1. Observar o interior da caixa buscando identificar o objeto e sua cor com as lâmpadas apagadas;
2. Acender uma lâmpada e observa o objeto e sua cor;
3. Acender as demais lâmpadas e observar se ocorre mudança no objeto;
4. Após as observações apenas com a lâmpadas e os filtros deve-se retirar os filtros a frente das lâmpadas e repetir os procedimentos.
5. Registrar as observações
6. Finalizada a observação, o grupo deve responder os questionamentos.

Livre, mas espera-se que o aluno escreva algo.

Momento 3: A visão

Folha para responder os questionamentos e fazer o registro das observações.

Nome: _____ Ano: _____

Procedimento 1:

- A. É possível identificar a cor do papel pintado?

Resposta: Não, pois as lâmpadas estavam desligadas. Porém, foi possível identificar a presença de um objeto na caixa.

B. Qual célula fotorreceptora é ativada no ambiente com pouca luminosidade?

Resposta: Célula bastonete.

C. Como é chamada essa forma de visão?

Resposta: Visão escotópica.

D. Quais as cores da tela?

Resposta: A tela apresentava as cores primárias para o pigmento (azul, amarelo e vermelho) e as cores secundárias para o pigmento (verde, roxo e alaranjado).

E. Quais as cores da luz que incide na tela?

Resposta: As cores são o branco, azul, vermelho, verde.

F. O que ocorre quando mais de uma lâmpada é ligada? Por quê?

Resposta: A intensidade de luz no ambiente aumenta, pois existe mais fontes luminosa ligadas. Na tela ocorre a mistura das cores luz, formando regiões coloridas.

G. Como você classifica as cores pintadas na tela? E as cores dos filtros usadas nas lâmpadas?

Resposta: Na tela estão pintadas as cores primárias e secundárias para o pigmento. Os filtros representam as cores primárias para a luz.

Procedimento 2:

A. É possível identificar a cor do papel pintado?

Resposta: Sim, pois as lâmpadas estavam ligadas, havia maior luminosidade.

B. Qual célula fotorreceptora é ativada no ambiente com muita luminosidade?

Resposta: Célula cone.

C. Como é chamada essa forma de visão?

Resposta: Visão fotópica.

D. Quais as cores da tela?

Resposta: Primárias: azul, amarelo e vermelho; secundárias: verde, roxo, alaranjado.

E. Quais as cores da luz que incide na tela?

Resposta: As cores são o branco, azul, vermelho, verde.

F. O que ocorre quando mais de uma lâmpada é ligada? Por quê?

Resposta: A intensidade de luz no ambiente aumenta, pois existe mais fontes luminosa ligadas. Na tela ocorre a mistura das cores luz, formando regiões coloridas.

G. Como você classifica as cores pintadas na tela? E as cores dos filtros usadas nas lâmpadas?

Resposta: Na tela estão pintadas as cores primárias e secundárias para o pigmento. Os filtros representam as cores primárias para a luz.

ORIENTAÇÕES PARA AS ATIVIDADES DO MOMENTO 3

Roteiro de observação individual

1. Observar pelo visor da caixa o ambiente interno, sem as lâmpadas ligadas.
2. Acender a lâmpada do meio e observar o que ocorre.
3. Identificar os elementos envolvidos na situação: tela branca, tela pintada, lâmpadas, ambiente escuro.
4. Acender as demais lâmpadas na sequência e observar o que ocorre: **esquerda, direita, centro, esquerda e direita, esquerda e centro, direita e centro, esquerda e direita e centro.**
5. Responder os questionamentos abaixo

Livre, mas espera-se que o aluno escreva algo.

Momento 4: Espectros de cores?

Folha para responder os questionamentos e fazer o registro das observações.

Nome: _____ Ano: _____

A. O que é recorrente nas três lâmpadas?

Resposta: O espectro de cores da lâmpada.

B. Quais as diferenças entre as lâmpadas?

Resposta: A forma do espectro mudou entre as lâmpadas, aparecendo espaços escuros (pretos) no lugar de certas cores.

C. O que foi observado no espectrômetro?

Resposta: A formação de espectros de cores das lâmpadas.

D. Quando colocado o filtro de cores modificou o resultado da observação? Por quê?

Resposta: Sim, pois o filtro possibilitou a transmissão da cor referente ao filtro em sua maior parte, porém também, ocorre a transmissão, em menor porcentagem de outras cores.

E. Existe diferença nas regiões que surgiram na observação das lâmpadas? Por quê?

Resposta: Sim, na lâmpada RGB, por exemplo, a quantidade de espaços escuros (pretos) era maior. Isso ocorre porque as lâmpadas são diferentes na forma de emitir luz.

ORIENTAÇÕES PARA AS ATIVIDADES DO MOMENTO 4

Roteiro de observação individual

1. Com a câmera do celular encaixada no “visor” do espectrômetro, realizar as observações;
2. Observar as lâmpadas fluorescente e incandescente com o espectrômetro;
3. Colocar um filtro de cor: vermelho, azul, verde, no suporte da lâmpada e observar o que ocorre;
4. O procedimento 3 deve ser realizado para as com duas lâmpadas diferentes;
5. Com o auxílio do controle remoto da lâmpada RGB e do espectrômetro, deve selecionar uma cor para a lâmpada e observar.
6. Colocar um filtro de cor (vermelho, azul, verde) no suporte para lâmpada e repetir o procedimento de observar com o auxílio do espectrômetro.
7. Responder os questionamentos.

Livre, mas espera-se que o aluno escreva algo.

Momento 5: Fóton em cores

Folha para responder os questionamentos e fazer o registro das observações.

Nome: _____ Ano: _____

EXPERIÊNCIA 1

Procedimentos:

Atenção: lembrar do tempo para adaptação.

1. Observar, dentro da caixa de cores, a tela pintada, ligando as três lâmpadas progressivamente.
2. Analisar a tela à medida que as lâmpadas são ligadas.
3. Responder os questionamentos.

Com relação as três faixas coloridas:

A. Qual é a mais “clara”?

Resposta: A faixa na cor rosa (branco e vermelho).

B. Qual é a mais “escura”?

Resposta: A faixa na cor vermelho escuro (bordo: vermelho e preto).

C. Qual faixa aparece mais intensa?

Resposta: A faixa no centro (vermelha).

4. Desligar as lâmpadas e retirar a tela da caixa de cores.
5. Analisar a tela usando a luz do ambiente, isto é, lâmpadas e/ou luz do sol.
6. Responder os questionamentos.

Com relação as três faixas coloridas:

A. Qual é a mais “clara”?

Resposta: A faixa na cor rosa (branco e vermelho).

B. Qual é a mais “escura”?

Resposta: A faixa na cor vermelho escuro (bordo: vermelho e preto).

C. Qual faixa aparece mais intensa?

Resposta: A faixa no centro (vermelha).

Momento 5: Fóton em cores

Folha para responder os questionamentos e fazer o registro das observações.

Nome: _____ Ano: _____

EXPERIÊNCIA 2

Procedimentos:

Atenção: lembrar do tempo para adaptação.

1. Observar, dentro da caixa de cores, o conjunto de sólidos geométricos, ligando as três lâmpadas progressivamente.
2. Analisar o conjunto de sólidos geométricos à medida que as lâmpadas são ligadas.
3. acender as demais lâmpadas na sequência: **esquerda, direita, centro, esquerda e direita, esquerda e centro, direita e centro, esquerda e direita e centro.**
4. Responder os questionamentos.

Com relação ao conjunto de sólidos geométricos:

- A. O que você observou no conjunto de sólidos geométricos em relação a sombras e penumbras?

Resposta: À medida que as lâmpadas são ligadas, as regiões de sombra e penumbra são modificadas. As regiões de sombra diminuem dependendo da quantidade de lâmpadas ligadas.

1. Colocar os filtros de cores nas lâmpadas: esquerda – verde; centro – vermelha e direita – azul.
2. Observar. Dentro da caixa de cores, o conjunto de sólidos geométricos, ligando as três lâmpadas progressivamente.
3. Analisar o conjunto de sólidos geométricos à medida que as lâmpadas são ligadas.
4. Acender as demais lâmpadas na sequência: **esquerda, direita, centro, esquerda e direita, esquerda e centro, direita e centro, esquerda e direita e centro.**

5. Responder os questionamentos.

Com relação ao conjunto de sólidos geométricos:

A. O que ocorrem nas regiões de sombra observadas no conjunto de sólidos geométricos?

Resposta: À medida que as lâmpadas são ligadas, as regiões de sombra e penumbra são modificadas, apresentando a combinação das cores dos filtros. Algumas sombras apresentavam apenas a cor de um filtro, pois as demais lâmpadas não iluminavam a região.

Momento 5: Fóton em cores

Folha para responder os questionamentos e fazer o registro das observações.

Nome: _____ Ano: _____

EXPERIÊNCIA 3

Procedimentos:

Atenção: lembrar do tempo para adaptação.

1. Colocar os filtros de cores nas lâmpadas: esquerda – verde; centro – vermelha e direita – azul.
2. Observar, dentro da caixa de cores, a esfera de isopor, ligando as três lâmpadas progressivamente.
3. Analisar a esfera de isopor à medida que as lâmpadas são ligadas.
4. Acender as demais lâmpadas na sequência: **esquerda, direita, centro, esquerda e direita, esquerda e centro, direita e centro, esquerda e direita e centro.**
5. Responder o questionamento.

Com relação a esfera de isopor:

A. Qual a cor da esfera?

Resposta: A esfera apresenta faixas nas cores preto e azul claro (azul e branco).

Livre, mas espera-se que o aluno escreva algo.

3.2 OQR sem as respostas para o aluno

Material para o aluno

Momento 1: Que cor é?

Aula 1: Investigação inicial

Nome: _____ Ano: _____

Questionamentos:

Vídeo1: Afinal qual a cor do vestido? (01:49)

1. De acordo com a repórter Sandra Annenberg o que influencia a cor do vestido?

Resposta: _____

_____.

2. Qual elemento que afeta a sensação da cor do vestido?

Resposta: _____

_____.

Vídeo 2: A sensação que as cores provocam no ambiente - psicologia das cores” (02:06)

1. Qual a situação apresentada no vídeo?

Resposta: _____

_____.

2. Como foram classificadas as cores?

Resposta: _____

_____.

3. Qual a influência da cor na nossa sensação?

Resposta: _____

_____.

Vídeo 3: Cor na Publicidade (03:10)

1. Qual a sensação que trouxe o vídeo na primeira situação preto e branco? E na segunda situação colorido?

Resposta: _____

_____.

2. A cor influencia nossa sensação?

Resposta: _____

_____.

Espaço para comentários e observações.

Momento 1: Que cor é?

Aula 2: Conceitos Iniciais

Nome: _____ Ano: _____

Questionamentos:

Caixa 1:

Procedimentos: Processo individual

1. Observar pelo visor da caixa o ambiente interno, sem as lâmpadas ligadas.
2. Acender a lâmpada do meio e observar o que ocorre.
3. Identificar os elementos envolvidos na situação: tela branca, objeto transparente, lâmpadas, ambiente escuro.
4. Acender as demais lâmpadas na sequência e observar o que ocorre: **esquerda, direita, centro, esquerda e direita, esquerda e centro, direita e centro, esquerda e direita e centro**. Observar a situação das lâmpadas iluminando o objeto transparente.
5. Responder os questionamentos abaixo.

A. O que observou dentro da caixa com as lâmpadas apagadas?

Resposta: _____

_____.

B. Qual sua reação ao acender uma das lâmpadas?

Resposta: _____

_____.

C. Que elementos fazem parte da situação?

Resposta: _____

_____.

D. Descreva o que ocorreu durante o processo efetuado na experiência. Como sugestão pense na seguinte questão: A luz passou pelo objeto presente?

Resposta: _____

_____.

Caixa 2:

Procedimentos: Processo individual

1. Observar pelo visor da caixa o ambiente interno, sem as lâmpadas ligadas.

2. Acender a lâmpada do meio e observar o que ocorre.
3. Identificar os elementos envolvidos na situação: tela branca, objeto transparente, lâmpadas, ambiente escuro.
4. Acender as demais lâmpadas na sequência e observar o que ocorre: esquerda, direita, centro, esquerda + direita, esquerda e centro, direita e centro, esquerda e direita e centro. Observar a situação das lâmpadas iluminando o objeto translúcido.
5. Responder os questionamentos abaixo.

A. O que observou dentro da caixa com as lâmpadas apagadas?

Resposta: _____

_____.

B. Qual sua reação ao acender uma das lâmpadas?

Resposta: _____

_____.

C. Que elementos fazem parte da situação?

Resposta: _____

_____.

D. Descreva o que ocorreu durante o processo efetuado na atividade. Como sugestão pense na seguinte questão: A luz passou pelo objeto presente?

Resposta: _____

_____.

Caixa 3:

Procedimentos: Processo individual

1. Observar pelo visor da caixa o ambiente interno, sem as lâmpadas ligadas.
2. Acender a lâmpada do meio e observar o que ocorre.

3. Identificar os elementos envolvidos na situação: tela branca, objeto transparente, lâmpadas, ambiente escuro.
4. Acender as demais lâmpadas na sequência e observar o que ocorre: esquerda, direita, centro, esquerda e direita, esquerda e centro, direita e centro, esquerda e direita e centro. Observar a situação das lâmpadas iluminando o objeto opaco.
5. Responder os questionamentos abaixo.

A. O que observou dentro da caixa com as lâmpadas apagadas?

Resposta: _____

_____.

B. Qual sua reação ao acender uma das lâmpadas?

Resposta: _____

_____.

C. Que elementos fazem parte da situação?

Resposta: _____

_____.

D. Descreva o que ocorreu durante o processo efetuado na atividade. Como sugestão pense na seguinte questão: A luz passou pelo objeto presente?

Resposta: _____

_____.

Caixa 4:

Procedimentos: Processo individual

1. Observar pelo visor da caixa o ambiente interno, sem as lâmpadas ligadas.

2. Acender a lâmpada do meio e observar o que ocorre.
3. Identificar os elementos envolvidos na situação: tela branca, objeto transparente, lâmpadas, ambiente escuro.
4. Acender as demais lâmpadas na sequência e observar o que ocorre: esquerda, direita, centro, esquerda e direita, esquerda e centro, direita e centro, esquerda e direita e centro. Observar a situação das lâmpadas iluminando o objeto translúcido.
5. Responder os questionamentos abaixo.

A. O que observou dentro da caixa com as lâmpadas apagadas?

Resposta: _____

_____.

B. Qual sua reação ao acender uma das lâmpadas?

Resposta: _____

_____.

C. Que elementos fazem parte da situação?

Resposta: _____

_____.

D. Descreva o que ocorreu durante o processo efetuado na atividade. Como sugestão pense na seguinte questão: A luz passou pelo objeto presente?

Resposta: _____

Espaço para comentários e observações.

Momento 1: Que cor é?

Aula 3: Conceitos Iniciais

Nome: _____ Ano: _____

Questionamentos:

Caixa 1:

Procedimentos: Processo individual

1. Observar pelo visor da caixa o ambiente interno, sem as lâmpadas ligadas.
2. Acender a lâmpada do meio e observar o que ocorre.
3. Identificar os elementos envolvidos na situação: tela branca, objeto transparente, lâmpadas, ambiente escuro.
4. Acender as demais lâmpadas na sequência e observar o que ocorre: esquerda, direita, centro, esquerda e direita, esquerda e centro, direita e centro, esquerda e direita e centro.
5. Responder os questionamentos abaixo.

A. Que elementos fazem parte da situação?

Resposta: _____

_____.

B. O que ocorre quando a luz incide no objeto?

Resposta: _____

_____.

C. A intensidade da luz é a mesma à medida que as lâmpadas se acendem? Por quê?

Resposta: _____

_____.

D. Descreva o que ocorreu durante o processo efetuado na atividade. Responda em termos das regiões iluminadas na tela e no objeto e suas respectivas cores.

Resposta: _____

_____.

Caixa número 2:

Procedimentos: Processo individual

1. Observar pelo visor da caixa o ambiente interno, sem as lâmpadas ligadas.
2. Acender a lâmpada do meio e observar o que ocorre.
3. Identificar os elementos envolvidos na situação: tela branca, objeto transparente, lâmpadas, ambiente escuro.
4. Acender as demais lâmpadas na sequência e observar o que ocorre: esquerda, direita, centro, esquerda e direita, esquerda e centro, direita e centro, esquerda e direita e centro.
5. Responder os questionamentos abaixo.

A. Que elementos fazem parte da situação?

Resposta: _____

_____.

B. O que ocorre quando a luz incide no objeto?

Resposta: _____

_____.

C. A intensidade da luz é a mesma à medida que as lâmpadas se acendem? Por quê?

Resposta: _____

_____.

D. Descreva o que ocorreu durante o processo efetuado na atividade. Responda em termos das regiões iluminadas na tela e no objeto e suas respectivas cores.

Resposta: _____

Caixa número 3:

Procedimentos: Processo individual

1. Observar pelo visor da caixa o ambiente interno, sem as lâmpadas ligadas.
2. Acender a lâmpada do meio e observar o que ocorre.
3. Identificar os elementos envolvidos na situação: tela branca, objeto transparente, lâmpadas, ambiente escuro.
4. Acender as demais lâmpadas na sequência e observar o que ocorre: esquerda, direita, centro, esquerda e direita, esquerda e centro, direita e centro, esquerda e direita e centro.
5. Responder os questionamentos abaixo.

A. Que elementos fazem parte da situação?

Resposta: _____

B. O que ocorre quando a luz incide no objeto?

Resposta: _____

C. A intensidade da luz é a mesma à medida que as lâmpadas se acendem? Por quê?

Resposta: _____

D. Descreva o que ocorreu durante o processo efetuado na atividade. Responda em termos das regiões iluminadas na tela e no objeto e suas respectivas cores.

Resposta: _____

E. Formam regiões específicas na tela branca?

Resposta: _____

_____.

F. A tela apresenta a mesma coloração? Justifique:

Resposta: _____

_____.

G. No centro da tela qual a cor predominante?

Resposta: _____

_____.

Caixa número 4:

Procedimentos: Processo individual

1. Observar pelo visor da caixa o ambiente interno, sem as lâmpadas ligadas.
2. Acender a lâmpada do meio e observar o que ocorre.
3. Identificar os elementos envolvidos na situação: tela branca, objeto transparente, lâmpadas, ambiente escuro.
4. Acender as demais lâmpadas na sequência e observar o que ocorre: esquerda, direita, centro, esquerda e direita, esquerda e centro, direita e centro, esquerda e direita e centro.
5. Responder os questionamentos abaixo.

A. Que elementos fazem parte da situação?

Resposta: _____

_____.

B. O que ocorre quando a luz incide no objeto?

Resposta: _____

_____.

C. A intensidade da luz é a mesma à medida que as lâmpadas se acendem? Por quê?

Resposta: _____

_____.

D. Descreva o que ocorreu durante o processo efetuado na atividade. Responda em termos das regiões iluminadas na tela e no objeto e suas respectivas cores.

Resposta

Espaço para comentários e observações.

Momento 2: Misturar cores

Folha para responder os questionamentos e fazer o registro das observações.

Nome: _____ Ano: _____

Mesa 1: Simulador (Color - Vision).

A. Quais fatores influenciam a visão das cores no personagem mostrado no simulador?

Resposta: _____

_____.

B. Qual a função do filtro para a situação?

Resposta: _____

_____.

C. O que ocorre quando duas lâmpadas monocromáticas incidem nos olhos do personagem do simulador?

Resposta: _____

_____.

D. De que forma o simulador apresenta a luz da lâmpada?

Resposta: _____

_____.

E. Onde ocorreu a mistura das cores?

Resposta: _____

_____.

Mesa 2: Mistura de cores pigmento

A. Quais são as cores primárias? E secundárias?

Resposta: _____

_____.

B. Como se produz uma cor secundária?

Resposta: _____

_____.

C. O que ocorreu quando girou o pião? Qual a cor formada?

Resposta: _____

_____.

Mesa 3: Decompondo e/ou dispersando cores

A. Qual efeito causado pelo prisma ao incidir luz branca?

Resposta: _____

_____.

B. Quando colocada em contato com a água o que ocorreu com o círculo pintado?

Resposta: _____

_____.

C. Existe diferença entre as lâmpadas de luz branca e a que muda de cor quando observadas pelo espectrômetro?

Resposta: _____
_____.

_____.

D. Nas três situações existe algo em comum? Justifique:

Resposta: _____

_____.

Mesa 4: Interação da luz e matéria

A. O que possibilita observar os objetos dentro da caixa?

Resposta: _____

_____.

B. Houve mudança na cor do objeto observado quando aumenta-se o número das lâmpadas ligadas? Justifique:

Resposta: _____

_____.

C. Quando colocado o filtro de cor, houve mudança na cor do objeto? Justifique:

Resposta: _____

_____.

D. Quando o objeto era de cor diferente do filtro o que ocorreu?

Resposta: _____

_____.

Espaço para comentários e observações.

Orientações para as experiências do Momento 2

Procedimentos mesa 1:

1. Escolher a opção: lâmpada branca;
2. Variar os parâmetros do simulador;
3. Registrar as observações;
4. Escolher a opção: lâmpada monocromática;
5. Variar os parâmetros do simulador;
6. Registrar as observações;
7. Responder os questionamentos.

Procedimentos mesa 2:

1. Cada membro deve pegar uma retângulo de papel e colocar o nome.
2. Responder à questão 1 da mesa 2;
3. Pintar no retângulo de papel a resposta da questão 1;
4. Deixar o papel secar porque será utilizado em outro momento;
5. Cada membro do grupo deve pegar um pião de papel e pintá-lo com apenas duas cores delivre escolha.
6. Colocar o peão para girar;
7. Observar o que ocorre;
8. Responder os questionamentos.

Recomendações:

- Evitar derramar tinta e/ou água;
- Limpar os pincéis após o uso;
- Tomar cuidado com a tinta para evitar acidentes;

Procedimentos mesa 3:

1. Com o auxílio do prisma, projetar a dispersão da luz branca na parede da sala de aula.
2. Com o auxílio das canetinhas, pintar o círculo desenhado no filtro de papel, e colocar a ponta do filtro na água;
3. Observar o que ocorre;
4. Com o auxílio do suporte com lâmpada, filtros, espectrômetro e o celular observar as variações ocorridas na lâmpada;
5. Observar com e sem os filtros;

6. Registrar com a câmera do celular as imagens;
7. Responder os questionamentos.

Recomendações:

- Evitar derramar água;
- Evitar olhar diretamente a lâmpada com o espectrômetro sem o auxílio do celular.

Procedimentos mesa 4:

1. Observar o interior da caixa buscando identificar o objeto e sua cor com as lâmpadas apagadas;
2. Acender uma lâmpada e observa o objeto e sua cor;
3. Acender as demais lâmpadas e observar se ocorre mudança no objeto;
4. Após as observações apenas com a lâmpadas e os filtros deve-se retirar os filtros a frente das lâmpadas e repetir os procedimentos.
5. Registrar as observações
6. Finalizada a observação, o grupo deve responder os questionamentos.

Momento 3: A visão

Folha para responder os questionamentos e fazer o registro das observações.

Nome: _____ Ano: _____

Procedimento 1:

A. É possível identificar a cor do papel pintado?

Resposta: _____

_____.

B. Qual célula fotorreceptora é ativada no ambiente com pouca luminosidade?

Resposta: _____

C. Como é chamada essa forma de visão?

Resposta: _____

D. Quais as cores da tela?

Resposta: _____

E. Quais as cores da luz que incide na tela?

Resposta: _____

F. O que ocorre quando mais de uma lâmpada é ligada? Por quê?

Resposta: _____

G. Como você classifica as cores pintadas na tela? E as cores dos filtros usadas nas lâmpadas?

Resposta: _____

Procedimento 2:

A. É possível identificar a cor do papel pintado?

Resposta: _____

_____.

B. Qual célula fotorreceptora é ativada no ambiente com muita luminosidade?

Resposta: _____

_____.

C. Como é chamada essa forma de visão?

Resposta: _____

_____.

D. Quais as cores da tela?

Resposta: _____

_____.

E. Quais as cores da luz que incide na tela?

Resposta: _____

_____.

F. O que ocorre quando mais de uma lâmpada é ligada? Por quê?

Resposta: _____

_____.

G. Como você classifica as cores pintadas na tela? E as cores dos filtros usadas nas lâmpadas?

Resposta: _____

_____.

ORIENTAÇÕES PARA AS ATIVIDADES DO MOMENTO 3

Roteiro de observação individual

1. Observar pelo visor da caixa o ambiente interno, sem as lâmpadas ligadas.
2. Acender a lâmpada do meio e observar o que ocorre.
3. Identificar os elementos envolvidos na situação: tela branca, tela pintada, lâmpadas, ambiente escuro.
4. Acender as demais lâmpadas na sequência e observar o que ocorre: **esquerda, direita, centro, esquerda e direita, esquerda e centro, direita e centro, esquerda e direita e centro.**
5. Responder os questionamentos abaixo.

Momento 4: Espectros de cores?

Folha para responder os questionamentos e fazer o registro das observações.

Nome: _____ Ano: _____

A. O que é recorrente nas três lâmpadas?

Resposta: _____

_____.

B. Quais as diferenças entre as lâmpadas?

Resposta: _____

_____.

C. O que foi observado no espectrômetro?

Resposta: _____

_____.

D. Quando colocado o filtro de cores modificou o resultado da observação? Por quê?

Resposta: _____

_____.

E. Existe diferença nas regiões que surgiram na observação das lâmpadas? Por quê?

Resposta: _____

_____.

Espaço para comentários e observações.

ORIENTAÇÕES PARA AS ATIVIDADES DO MOMENTO 4

Roteiro de observação individual

1. Com a câmera do celular encaixada no “visor” do espectrômetro, realizar as observações;
2. Observar as lâmpadas fluorescente e incandescente com o espectrômetro;
3. Colocar um filtro de cor: vermelho, azul, verde, no suporte da lâmpada e observar o que ocorre;
4. O procedimento 3 deve ser realizado para as com duas lâmpadas diferentes;
5. Com o auxílio do controle remoto da lâmpada RGB e do espectrômetro, deve selecionar uma cor para a lâmpada e observar.
6. Colocar um filtro de cor (vermelho, azul, verde) no suporte para lâmpada e repetir o procedimento de observar com o auxílio do espectrômetro.
7. Responder os questionamentos.

Espaço para comentários e observações.

Momento 5: Fóton em cores?

Folha para responder os questionamentos e fazer o registro das observações.

Nome: _____ Ano: _____

EXPERIÊNCIA 1

Procedimentos:

Atenção: lembrar do tempo para adaptação.

1. Observar, dentro da caixa de cores, a tela pintada, ligando as três lâmpadas progressivamente.
2. Analisar a tela à medida que as lâmpadas são ligadas.
3. Responder os questionamentos.

Com relação as três faixas coloridas:

A. Qual é a mais “clara”?

Resposta: _____

 _____.

B. Qual é a mais “escura”?

Resposta: _____

 _____.

C. Qual faixa aparece mais intensa?

Resposta: _____

 _____.

1. Desligar as lâmpadas e retirar a tela da caixa de cores.
2. Analisar a tela usando a luz do ambiente, isto é, lâmpadas e/ou luz do sol.
3. Responder os questionamentos.

Com relação as três faixas coloridas:

A. Qual é a mais “clara”?

Resposta: _____

_____.

B. Qual é a mais “escura”?

Resposta: _____

_____.

C. Qual faixa aparece mais intensa?

Resposta: _____

_____.

Momento 5: Fóton em cores

Folha para responder os questionamentos e fazer o registro das observações.

Nome: _____ Ano: _____

EXPERIÊNCIA 2

Procedimentos:

Atenção: lembrar do tempo para adaptação.

1. Observar, dentro da caixa de cores, o conjunto de sólidos geométricos, ligando as três lâmpadas progressivamente.
2. Analisar o conjunto de sólidos geométricos à medida que as lâmpadas são ligadas.
3. acender as demais lâmpadas na sequência: **esquerda, direita, centro, esquerda e direita, esquerda e centro, direita e centro, esquerda e direita e centro.**
4. Responder os questionamentos.

Com relação ao conjunto de sólidos geométricos:

A. O que você observou no conjunto de sólidos geométricos em relação a sombras e penumbras?

Resposta: _____

 _____.

1. Colocar os filtros de cores nas lâmpadas: esquerda – verde; centro – vermelha e direita – azul.
2. Observar. Dentro da caixa de cores, o conjunto de sólidos geométricos, ligando as três lâmpadas progressivamente.
3. Analisar o conjunto de sólidos geométricos à medida que as lâmpadas são ligadas.
4. Acender as demais lâmpadas na sequência: **esquerda, direita, centro, esquerda e direita, esquerda e centro, direita e centro, esquerda e direita e centro.**
5. Responder os questionamentos.

Com relação ao conjunto de sólidos geométricos:

- A. O que ocorrem nas regiões de sombra observadas no conjunto de sólidos geométricos?

Resposta: _____

 _____.

Momento 5: Fóton em cores

Folha para responder os questionamentos e fazer o registro das observações.

Nome: _____ Ano: _____

EXPERIÊNCIA 3

Procedimentos:

Atenção: lembrar do tempo para adaptação.

1. Colocar os filtros de cores nas lâmpadas: esquerda – verde; centro – vermelha e direita – azul.
2. Observar, dentro da caixa de cores, a esfera de isopor, ligando as três lâmpadas progressivamente.
3. Analisar a esfera de isopor à medida que as lâmpadas são ligadas.
4. Acender as demais lâmpadas na sequência: **esquerda, direita, centro, esquerda e direita, esquerda e centro, direita e centro, esquerda e direita e centro.**
5. Responder o questionamento.

Com relação a esfera de isopor:

A. Qual a cor da esfera?

Resposta: _____

_____.

Espaço para comentários e observações.

4. LUZ, COR E PERCEPÇÃO

O presente capítulo tem por objetivo apresentar os conceitos físicos relacionados a cor e sua percepção²²..

Para uma melhor compreensão do conceito de cor e sua percepção faz-se necessário definir os conceitos da física clássica e moderna. Primeiramente, discute-se o conceito de luz apresentando alguns aspectos gerais das teorias corpuscular, ondulatório, eletromagnética e quântica. Após, apresenta-se os conceitos da óptica geométrica, princípio da propagação da luz e classificação dos materiais que são necessários para compreender o processo de interação da luz com o meio material, o que permite discutir as relações entre cor-luz e cor-pigmento, fundamentais para a percepção das cores. Na sequência, nesse mesmo capítulo, é apresentado as estruturas que compõem o olho e como ocorre o processo de visão de cores, relacionando aos conceitos de física moderna.

4.1 A LUZ

4.1.1 Alguns Aspectos Gerais

Nesse item do capítulo é apresentado um panorama geral sobre o conceito de luz afim de auxiliar na compreensão dos conceitos de cor e sua percepção. Uma das questões mais interessantes na história da ciência é a natureza da luz. A proposta desse item não está na construção cronológica dos eventos que contribuíram para formulação das teorias que explicam a luz, mas apresenta alguns aspectos importantes das teorias corpuscular, ondulatória, eletromagnética e quântica desse fenômeno.

Será feita uma breve discussão sobre a luz, partindo do trabalho de Druzian et al. (2007), que apresentou uma análise conceitual sobre os conceitos de luz e visão, na qual usou a metodologia de uma discussão histórico-epistemológica desses conceitos e a apresentou em diferentes níveis.

²² Este capítulo e o capítulo 4 do Produto são idênticos e fornecem informações conceituais da Física abordada para o professor.

Nos meados do século XVII considerava-se a luz como sendo constituída por corpúsculos que, a partir da fonte que lhes dava origem, se deslocavam em linha reta. Estes corpúsculos atravessavam os materiais transparentes e eram refletidos pelos materiais opacos (PEREIRA, 2002). No ano de 1672, o físico inglês Isaac Newton apresentou uma teoria conhecida como modelo corpuscular da luz. Newton usou a teoria corpuscular da luz para explicar as leis da reflexão e da refração, pois acreditava que a luz viajava através de um meio somente em linhas retas (TIPLER; MOSCA, 2014). A partir da segunda metade do século XVII, outros fenômenos básicos da Óptica foram descobertos: difração, em 1665; interferência, em 1665; polarização, em 1678, ampliando ainda mais o debate científico sem, contudo, poderem ser explicados, satisfatoriamente, a partir do conceito de raio luminoso e da luz como um feixe de partículas (ROCHA, 2002). A teoria corpuscular perdurou pela maior parte do século XVIII, devido ao grande prestígio de Newton no meio científico (CÉSAR; ALEGRE, 2002).

Devido ao fato da teoria corpuscular não apresentar uma explicação satisfatória para os fenômenos como difração, interferência e polarização, surgem os defensores da teoria ondulatória dos fenômenos luminosos da qual Christiaan Huygens, Thomas Young e Augustin Fresnell são alguns de seus expoentes (ROCHA, 2002). Em 1621, Wilbord Snell realizando experimentos, chegou a Lei da Refração, onde os raios de luz mudam de direção ao penetrar um novo meio, mas mantêm a propagação retilínea após a mudança de meio. (CÉSAR; ALEGRE, 2002). Christiaan Huygens em 1678, fez a suposição que o tamanho do desvio sofrido pela luz dependia da velocidade com que a luz atravessava um meio. Huygens considerava a luz como um movimento ondulatório e, se sua consideração era correta, a velocidade da luz mudaria de acordo com o índice de refração do meio ao qual penetra, por exemplo, um meio no qual a luz diminui sua velocidade apresenta um o índice de refração maior. Mas se a luz fosse composta por partículas, o oposto ocorreria, ou seja, num meio denso, a velocidade seria maior, devido a atração das partículas pelas moléculas que compõem o meio. (CÉSAR; ALEGRE, 2002). Em 1678, Huygens estudou o comportamento ondulatório e propôs que as frentes de onda das ondas luminosas que se espalhavam a partir de uma fonte pontual poderiam ser consideradas como a superposição das cristas de minúsculas ondas secundárias, essa ideia recebeu o nome de princípio de Huygens (HEWITT, 2015).

Em 1801, Thomas Young demonstrou a natureza ondulatória da luz, numa experiência famosa na qual duas fontes de luz coerentes são produzidas através da incidência de luz de uma única fonte, num par de fendas estreitas e paralelas (TIPLER; MOSCA, 2014).

No início do século XIX, o físico francês Augustin Fresnel realizou experiência de interferência e de difração e introduziu uma base matemática rigorosa para a teoria ondulatória. Fresnel mostrou que a observação de que a luz se propaga em linha reta é um resultado de comprimentos de onda da luz visível muito pequenos (TIPLER; MOSCA, 2014). Com essas constatações, tornou-se predominante a teoria ondulatória, que foi aperfeiçoada no passar dos anos, até as considerações do físico escocês James Clerk Maxwell, que ao unificar as equações da eletricidade e do magnetismo, conhecidas como Leis de Maxwell, elaborou a teoria eletromagnética da luz (CÉSAR; ALEGRE, 2002). Esta teoria conduziu a uma equação de onda que previu a existência de ondas eletromagnéticas e estas se propagavam com uma velocidade calculada a partir das leis da eletricidade e do magnetismo. O resultado deste cálculo que era de $c \approx 3 \times 10^8$ m/s, ou seja, o mesmo que a velocidade da luz, sugeriu a Maxwell que a luz é uma onda eletromagnética (TIPLER; MOSCA, 2014).

As previsões de Maxwell foram confirmadas, experimentalmente, em 1887, por Hertz, quando ele mostrou que as ondas eletromagnéticas tinham todas as propriedades das ondas luminosas. Interessante ressaltar, que nos mesmos experimentos em que Hertz confirmou a natureza eletromagnética das ondas da luz, ele descobriu e registrou um fenômeno novo para a luz, pouco depois identificado como de natureza corpuscular (ROCHA, 2002). Esse fenômeno, hoje, é conhecido como efeito fotoelétrico e consiste na retirada de elétrons da superfície de um metal atingido por radiações eletromagnéticas específicas. Ele pode ser observado, por exemplo, fazendo-se incidir luz ultravioleta sobre uma placa de zinco, ou iluminando com luz amarela uma placa de potássio (ROCHA, 2002). O efeito fotoelétrico apresentava uma estranha particularidade: a energia máxima dos elétrons emitidos não era determinada pela intensidade da luz, como era de se esperar pela teoria ondulatória de Maxwell e, sim, pela frequência da onda incidente (ROCHA, 2002). Por volta de 1900, o efeito fotoelétrico junto com o problema da radiação de corpo negro abalaria os fundamentos da teoria ondulatória da luz, pois esta teoria não era capaz de explicar tais fenômenos (ROCHA, 2002). Para explicar o efeito fotoelétrico deveria se pensar em uma nova forma de interpretar a luz, o que foi realizado, em 1905, por Albert Einstein quando apresentou uma teoria que marcou o início da teoria quântica. Einstein propôs que a luz seria constituída por pacotes ou “partículas” de energia (ou quanta de energia). Em 1926, G. N. Lewis denomina as “partículas” de energia introduzida por Einstein, de fótons (ROCHA, 2002). Para Einstein, a luz não era uma onda eletromagnética, mas sim um pacote de energia dotado de características ondulatórias, comprimento de onda, λ e corpusculares, momento, p (ROCHA, 2002).

Como a luz parecia ter ambas as propriedades, de onda e de partícula, surgem questionamentos sobre a matéria apresentar as mesmas propriedades. Em 1924, um estudante de física francês, Louis de Broglie, sugeriu esta ideia na sua tese de doutorado. O trabalho de Broglie foi altamente especulativo, porque não existiam evidências naquela época de qualquer aspecto ondulatório da matéria (TIPLER; MOSCA, 2014). De acordo com de Broglie, toda a partícula de matéria é dotada, de alguma maneira, de uma onda que a guia enquanto ela está se deslocando. Sob condições apropriadas, então, cada partícula produzirá um padrão de interferência ou de difração (HEWITT, 2015). Segundo de Broglie:

Um corpo com grande massa e rapidez ordinária tem um comprimento de onda tão pequeno que a interferência e a difração são desprezíveis: as balas de um rifle voam em linha reta e realmente não “salpicam” seus alvos distantes e largos com partes onde se detecta interferência. Mas para partículas menores, tais como o elétron, a difração pode ser considerável (HEWITT, 2015, p. 590).

Assim, se entende que a luz, em determinados momentos, se comporta como uma onda; e, em outros momentos, como partícula.

Para o caso de uma onda eletromagnética a perturbação é do campo elétrico e do campo magnético, sendo essa, uma forma plausível para explicar a luz. Mas alguns experimentos realizados no fim do século XIX modificam a concepção com relação a este importante ente físico. Como exemplo, o efeito fotoelétrico, citado anteriormente (ver página 29).

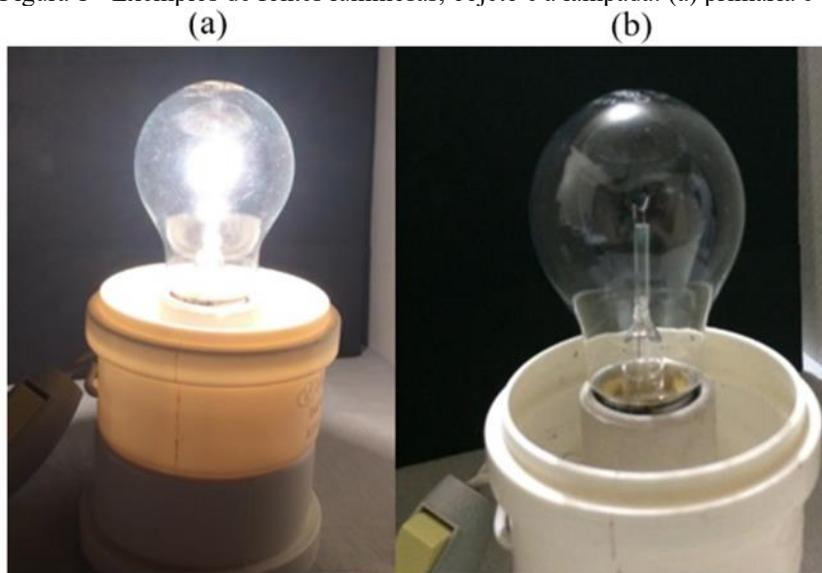
Desta forma, a percepção das cores depende da interação da luz incidente com o material e a recepção da luz emitida do material depois da interação pelos olhos, ou seja, a codificação da luz recebida fornecendo a percepção das cores.

4.1.2 Óptica Geométrica e o Princípio da Propagação da Luz

Para compreender a relação entre luz e cor, é necessário apresentar conceitos físicos relacionados à propagação da luz sob a perspectiva da óptica geométrica, isto é, sem se preocupar com a natureza da luz, neste primeiro momento. A luz pode se propagar por meio de fontes primárias – que produzem luz própria, como o Sol, estrelas, chama de uma vela e lanterna acesa, ou secundárias – que são fonte que emitem luz por meio da reflexão da luz recebida por uma fonte primária, como a Lua, planeta, superfícies metálicas (HEWITT, 2015). É interessante ressaltar que há fontes que são primárias em determinada situação e secundárias em outra, como é o caso apresentado na figura 1. Na figura 1a, tem-se uma fonte

primária de luz, uma vez que a lâmpada, que é o objeto em foco, está acesa devido a incandescência do filamento de tungstênio que ao ser aquecido a temperatura entre 2000 K e 3000 K emite luz visível (HEWITT, 2015), que para a situação descrita emite luz própria, por outro lado, na Figura 1 (b), a lâmpada está apagada, mas é possível vê-la porque reflete luz de outra fonte.

Figura 1 - Exemplos de fontes luminosas, objeto é a lâmpada: (a) primária e (b) secundária



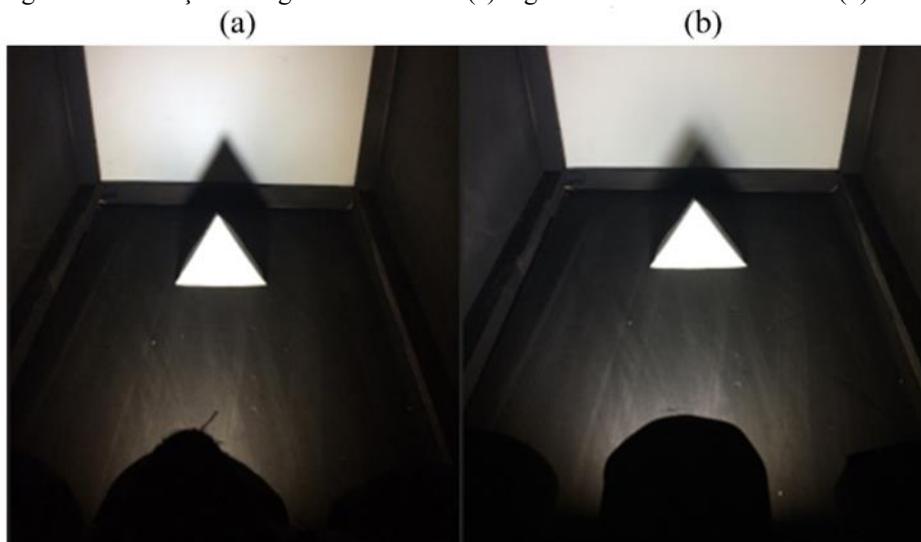
Fonte: O autor.

O princípio da propagação retilínea da luz da óptica geométrica refere-se ao efeito da luz propagar-se sempre em linha reta, a consequência desse é a formação de sombra e penumbra. A luz propaga-se em todas as direções sendo representada por raios luminosos.

Quando um objeto é iluminado por uma fonte luminosa, parte dos raios luminosos que nele incide são bloqueados, enquanto outros raios seguem adiante em linha reta. Surgem uma região onde os raios de luz não conseguem chegar, a esta região denominamos sombra (HEWITT, 2015). É constatado que dependendo da extensão da fonte luminosa e a da distância que ela se encontra do objeto, a sombra formada pode ser mais nítida ou não (HEWITT, 2015). A Figura 2, mostra exemplos da situação descrita, onde há um conjunto de três lâmpadas que se encontram a uma distância fixa do sólido geométrico triangular e, apenas a lâmpada central está ligada. Na situação da esquerda, a Figura 2 (a), fonte é menor devido a uma tela que diminui a extensão da fonte, portanto, forma-se uma região de sombra mais nítida na parte de trás do objeto. Porém, na situação da direita, a Figura 2 (b), foi mantida as dimensões originais da fonte luminosa, e se observa uma região de sombra não nítida atrás do objeto. Tanto uma fonte de luz extensa e distante, como uma pontual e próxima projetarão sombras nítidas. Uma fonte luminosa extensa e relativamente próxima produz uma sombra

pouco nítida (HEWITT, 2015). Na sombra pouco nítida, na Figura 2 (b), identifica-se duas regiões: uma região central e pouco iluminada que é chamada de umbra e outra região ao redor da umbra que é mais iluminada que se denomina penumbra. (HALLIDAY; RESNISCK; WALKER, 2014).

Figura 2 - Formação de regiões de sombra: (a) região de sombra mais nítida e (b) menos nítida.

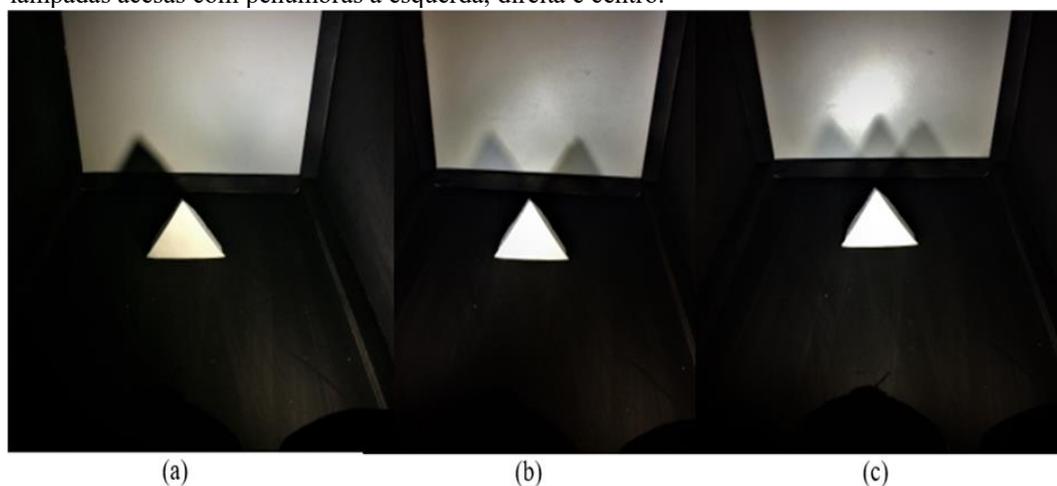


Fonte: O autor.

À medida que duas ou mais fontes iluminam o mesmo objeto existe uma interposição das regiões de sombra e penumbra, pois a região antes de sombra para uma fonte, torna-se região penumbra ou umbra para a segunda fonte e dessa maneira sucessivamente. É importante evidenciar que se observa a sombra nas situações descritas porque no fundo da caixa de percepções existe uma tela branca, que permite a melhor observação dos fenômenos de sombra e penumbra. Na Figura 3, vê-se a situação dessa interposição das regiões de sombra e penumbra. Na Figura 3 (a), a lâmpada ligada é a da direita, formando assim uma região de sombra na posição esquerda do sólido geométrico triangular. Na situação da figura 3b, as lâmpadas das extremidades, esquerda e direita, estão ligadas, então, é possível perceber que duas regiões de penumbra foram formadas. A penumbra da esquerda é projetada devido à luz da lâmpada direita que foi bloqueada pelo sólido geométrico triangular, logo a penumbra da direita é projetada devido à luz da lâmpada esquerda que foi bloqueada pelo mesmo sólido. Importante observar que em relação à situação da Figura 3 (a), as regiões de penumbra estão mais claras, esse fato ocorre devido à região ser iluminada por uma segunda fonte luminosa. Anteriormente, se discutiu o fato da extensão da fonte luminosa influenciar na nitidez da região de sombra, para a situação apresentada na Figura 3 a distância entre as lâmpadas e o sólido geométrico é fixo e praticamente o mesmo, contudo, ao ligar uma segunda lâmpada, tem-se duas fontes de tamanhos iguais, portanto, o dobro de extensão inicial, porém, estão em

posições diferentes, o que implica iluminar áreas diferentes, projetando dessa forma regiões de penumbra. Na situação 3 (c), as três lâmpadas estão ligadas, projetando três regiões de penumbra, porém, existe uma região que as três lâmpadas não conseguem iluminar conjuntamente, formando assim a regiões de umbra.

Figura 3 - Interposição das regiões de sombra e penumbra: (a) lâmpada da direita acesa com sombra a esquerda, (b) lâmpada da direita e esquerda acesas com penumbras a esquerda e direita e (c) as três lâmpadas acesas com penumbras a esquerda, direita e centro.

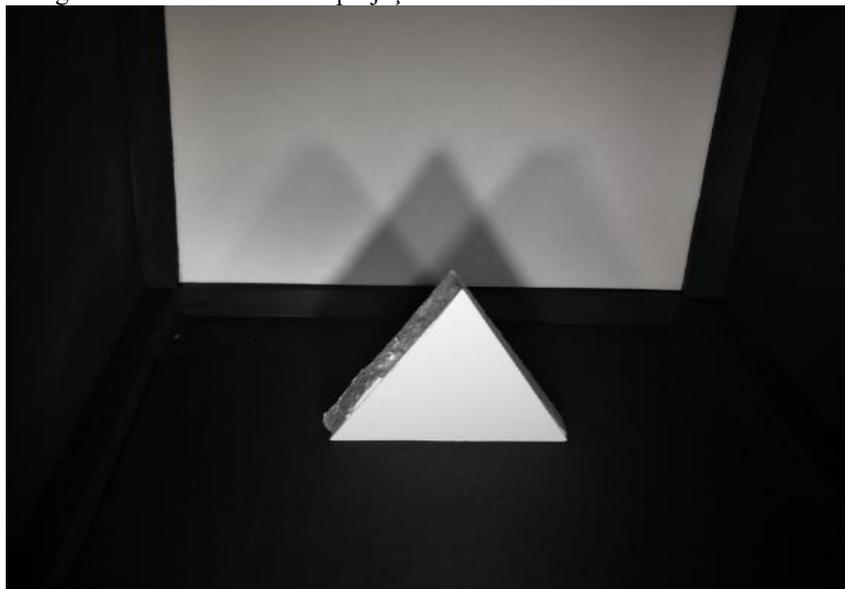


Fonte: O autor.

Na Figura 4, é possível observar a existência de regiões de umbra, que são as figuras dos triângulos menores, na base da projeção que aparecem atrás do sólido geométrico triangular e regiões de penumbra triângulos de áreas maiores da projeção. Isto se deve ao seguinte: quando dois raios de luz se cruzam, um não interfere na trajetória do outro, ou seja, cada um se comporta como se o outro não existisse, a esse efeito atribui-se o princípio da independência dos raios luminosos (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2014).

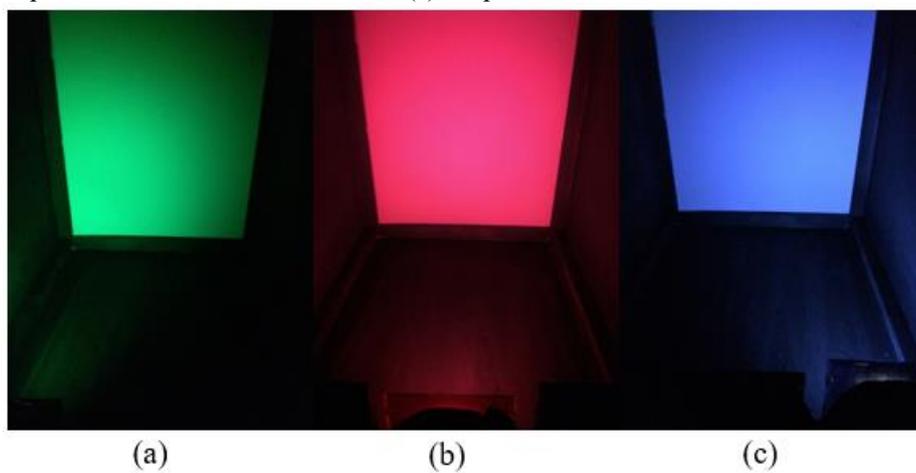
O princípio é válido para duas ou mais fontes luminosas, a Figura 5 apresenta o uso de três fontes luminosas compostas por filtros de cor que permitem a passagem de determinada cor pelo filtro, e este fenômeno será discutido adiante na Figura 5, as situações das Figuras 5 (a), 5 (b) e 5 (c) são com apenas uma lâmpada ligada para evidenciar qual o filtro de cor utilizado. Na figura 5a, tem-se a lâmpada da esquerda com o filtro verde, na Figura 5 (b), a lâmpada central com o filtro vermelho e, na Figura 5 (c) a lâmpada da direita com o filtro azul. E na Figura 6, apresenta-se as situações onde mais de uma fonte lâmpada é ligada.

Figura 4 - Regiões de penumbra, nas áreas maiores da projeção dos triângulos maiores e umbra triângulos menores na base da projeção.



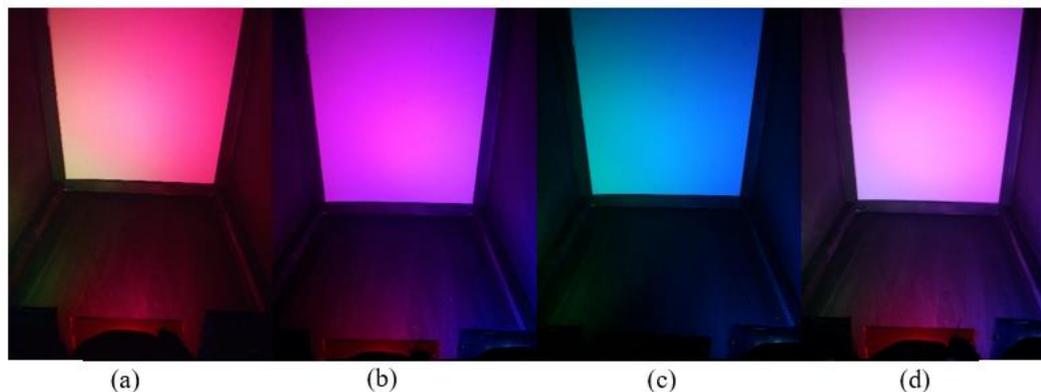
Fonte: O autor.

Figura 5 - Uso de filtros e a luz incidente na tela branca: (a) lâmpada esquerda com filtro verde, (b) lâmpada central com filtro vermelho e (c) lâmpada direita com filtro azul.



Fonte: O autor.

Figura 6 - Combinações de lâmpadas.

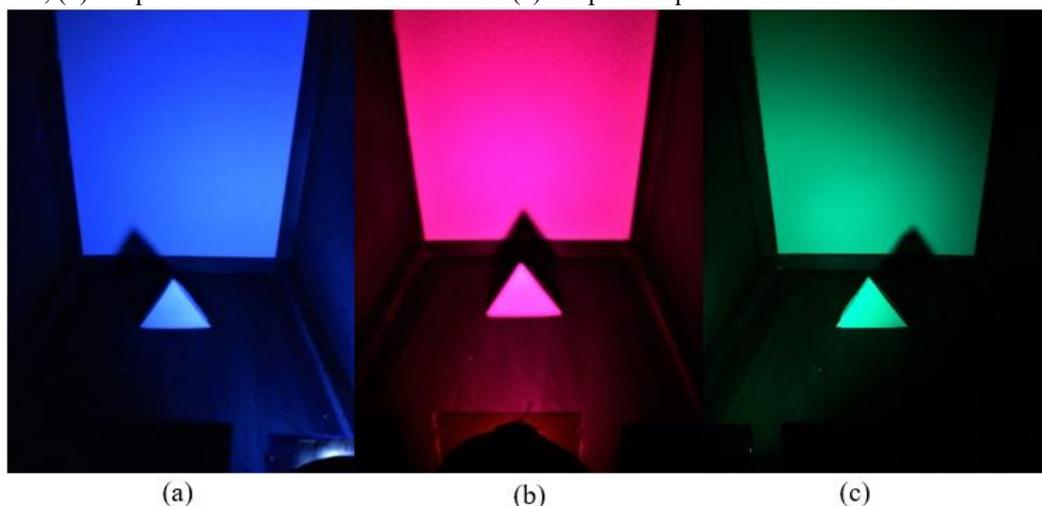


Fonte: O autor.

A situação da Figura 6 (a), apresenta a combinação das lâmpadas com filtro verde, esquerda, e vermelho, centro, as mesmas da Figura 5, mas ambas ligadas, observa-se que os feixes de luzes, verde e vermelha, que incidem na tela branca ao fundo da caixa, produzem uma misturadas cores dos filtros que resultaria na cor amarela. A situação da figura 6b apresenta a combinação das lâmpadas com filtro azul, direita, e vermelho, centro, as mesmas da Figura 5, e ao fundo da caixa na tela branca a mistura das cores dos dois filtros resultando na cor magenta. Na situação Figura 6 (c), repete-se o fenômeno observado para as lâmpadas com filtros verde, esquerda, e azul, direita e no fundo da caixa na tela branco tem-se a mistura das cores resultando na cor ciano. A última situação, Figura 6 (d), apresenta as três lâmpadas ligadas e ao fundo da caixa, na tela branca, a mistura das três cores, resultando aproximadamente na cor branca. Não é possível observar na Figura 6 (d), a predominância da cor branca pelo fato da cor vermelha do filtro central predominar, para justificar essa observação considera-se o trabalho de Costa et. al. (2008) no qual desenvolveram uma caixa para o estudo da superposição das cores, onde utilizaram filtro gelatina. O papel gelatina apresenta uma pigmentação mais pura, o que possibilitou a composição da cor amarela, ciano, magenta e branca mais evidente.

Combinando os dois princípios abordados anteriormente é possível observar um fenômeno chamado de sombra colorida. Observe a Figura 7 que apresenta a formação de sombras para lâmpadas com filtros azul, vermelho e verde em um fundo com tela branca.

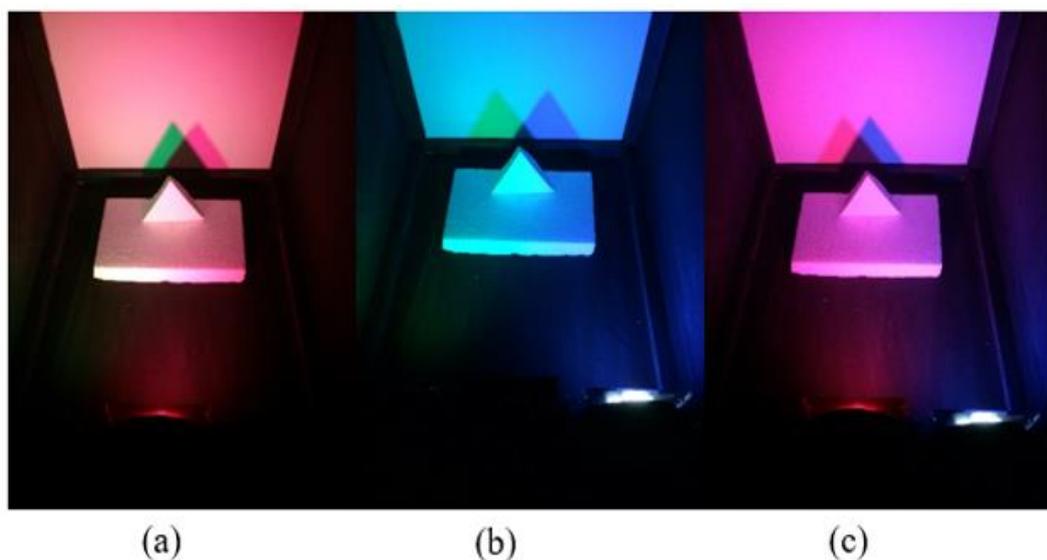
Figura 7 - Formação de sombras com o uso de lâmpadas com filtros: (a) lâmpada direita com filtro azul, (b) lâmpada central com filtro vermelho e (c) lâmpada esquerda com filtro verde.



Fonte: O autor

Na situação da figura 7 (a), observa-se que a lâmpada azul, direita, ilumina o sólido geométrico, formando uma sombra na região esquerda da tela branca. Na figura 7b, que apresenta a lâmpada vermelha, centro, no qual a região de sombra formada fica na região central da tela branca e, por fim, na situação da Figura 7 (c), a lâmpada verde, esquerda, que ilumina o sólido geométrico projetando uma sombra na região direita da tela branca.

Figura 8 - Formação de sombras coloridas.



Fonte: O autor.

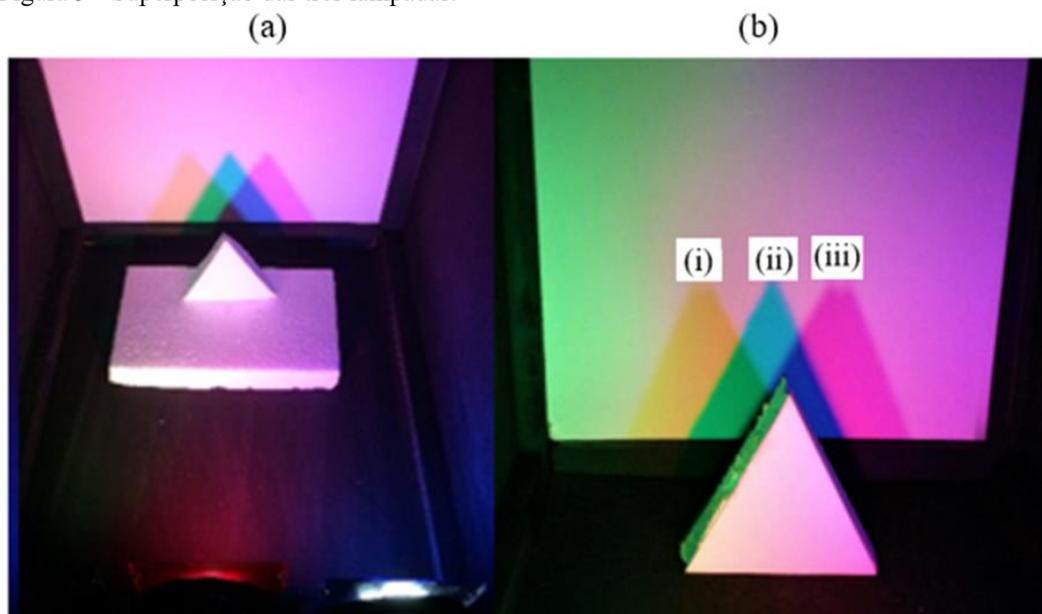
Agora considere que são acesas as lâmpadas, duas a duas, como mostra a Figura 8. Na situação da Figura 8 (a), na qual estão acesas as lâmpadas verde, esquerda, e vermelha, centro, observa-se que a sombra para a lâmpada vermelha é o triângulo central, enquanto que a sombra para a lâmpada verde é o triângulo na posição direita, porém com as duas lâmpadas acesas, a sombra da lâmpada vermelha agora está iluminada pela lâmpada verde, projetando,

portanto, uma região de penumbra na cor verde, enquanto que a sombra para a luz verde está iluminada pela lâmpada vermelha, projetando uma região de penumbra vermelha e no fundo da caixa na tela branca vê-se a mistura das duas lâmpadas que deveria resultar no amarelo, devido o filtro não ser puro a cor amarela não predomina, esse fato foi justificado considerando o trabalho de Costa et. al. (2008). Existe também uma região que nenhuma das duas lâmpadas consegue iluminar, essa região escura é a umbra para a combinação das lâmpadas verde e vermelha. Para a situação da Figura 8 (b), na qual estão acesas as lâmpadas verde, esquerda, e azul, direita, observa-se que a sombra para a lâmpada azul é o triângulo na posição esquerda da tela branca, enquanto que a sombra para a lâmpada verde é o triângulo na posição direita, porém, com as duas lâmpadas acesas, a sombra da lâmpada verde está iluminada pela lâmpada azul, projetando, portanto, uma região de penumbra na cor azul, enquanto que a sombra para a luz azul está iluminada pela lâmpada verde, projetando uma região de penumbra verde. Nessa situação como as lâmpadas estão nas extremidades, a região de umbra atrás do sólido geométrico é menor do que na Figura 8 (a), pois as posições das lâmpadas permitem que mais energia luminosa chegue a tela branca, ou seja, sem serem interrompidas pelo objeto e mantendo a sua propagação retilínea. Na tela branca no fundo da caixa observa-se a mistura das cores verde e azul resultando na cor ciano. A terceira situação, mostrada na Figura 8 (c), o par de lâmpadas é a vermelha, centro, e azul, direita, observa-se que a sombra para a lâmpada azul é o triângulo na posição esquerda da tela branca, enquanto que a sombra para a lâmpada vermelha é o triângulo na posição central, porém, com as duas lâmpadas acesas, a sombra da lâmpada vermelha está iluminada pela lâmpada azul, projetando, portanto, uma região de penumbra na cor azul, enquanto que a sombra para a luz azul está iluminada pela lâmpada vermelha, projetando uma região de penumbra vermelha. Existe também uma região que nenhuma das duas lâmpadas consegue iluminar, essa região é a umbra para a combinação das lâmpadas azul e vermelha e aparece escura. Agora considere que as três lâmpadas são acesas e iluminam o sólido geométrico.

A Figura 9 mostra esta situação da superposição das três lâmpadas. A Figura 9 (a), mostra uma visão geral e panorâmica da formação das sombras coloridas, onde é possível observar a região de sombra (triângulo pequeno e escuro) para as três lâmpadas. A figura 9 (b), mostra regiões que foram marcadas para a análise: em (i) a figura formada é a sombra projetada em relação à lâmpada azul, direita, porém, está iluminada pelas lâmpadas verde, esquerda, e vermelha, centro, formando uma mistura das cores, resultando na cor amarela. O triângulo em verde representa outra parte da sombra projetada pela lâmpada azul, direita, mas está iluminada apenas pela lâmpada verde. A região (ii) é a sombra em relação à lâmpada

vermelha, centro, porém, está iluminada pelas lâmpadas verde, esquerda, e azul, direita, formando uma mistura das cores, resultando na cor ciano. A região (ii) apresenta dois triângulos menores, que são regiões que a lâmpada azul, direita, ou verde, esquerda, podem iluminar. A região (iii) apresenta a sombra em relação à lâmpada verde, esquerda, que estão iluminadas pelas lâmpadas azul, esquerda, e vermelha, centro, formando a mistura na cor magenta. Nessa região, também existe um triângulo menor que foi iluminado apenas pela lâmpada azul, direita. Ao fundo da caixa na tela a cor formada da mistura das três lâmpadas deveria ser o branco, porém se observa que a cor formada apresenta um tom rosado, esse fato se justifica pelo uso de tinta que não apresenta uma pigmentação pura. Para justificar essa situação foi considerado o trabalho de Costa et. al. (2008).

Figura 9 - Superposição das três lâmpadas.



Fonte: O autor.

4.1.3 Classificação dos Materiais

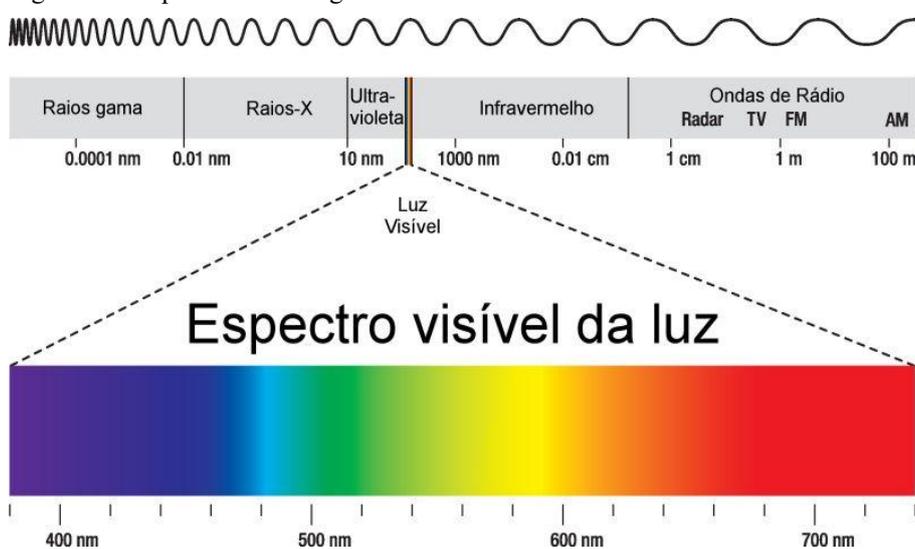
A necessidade, agora, é identificar as relações entre as cores luz e pigmento no processo de percepção das cores. A forma como se enxerga as cores dos objetos ocorre, num primeiro momento, da interação entre luz e matéria, ou seja, a luz de uma fonte iluminando a superfície de um objeto. Essa interação entre a luz e matéria define algumas características dos materiais, sendo uma delas a classificação de material transparente, translúcido e opaco. Entretanto, é importante compreender quais as características da luz que incide sobre o

material, portanto, abordar os conceitos da óptica física, na qual a natureza da luz é fator predominante, se faz necessário.

No fenômeno das sombras coloridas, a luz de cada lâmpada utilizada era branca, porém, ao atravessar filtro de cor e sobrepôr com a luz de outra lâmpada, surgiram diferentes misturas de cores. A possibilidade para a luz branca apresentar diferentes cores quando passa por um filtro justifica-se pelo fato dela ser composta por uma combinação de radiações que formam o espectro do visível. Foi por volta de 1665 que Isaac Newton, em seus estudos sobre a luz, demonstrou com o auxílio de um prisma que a luz solar era uma combinação de sete cores. Com seu o experimento foi comprovado que a luz branca ao sofrer dispersão no prisma revelava as cores do arco-íris (HEWITT, 2015).

Porém, deve-se considerar que as cores são, na realidade, um conjunto de ondas eletromagnética. Como foi comentado anteriormente no item 4.1.1, às contribuições de Maxwell e outros cientistas já citados no texto sabe-se hoje que a luz branca é uma oscilação de campos elétrico e magnéticos que se regeneram, formando o que chamamos de ondas eletromagnéticas (HEWITT, 2015). Na região de vácuo, as ondas eletromagnéticas se propagam com a mesma velocidade e diferem entre si pela frequência. A classificação das ondas eletromagnéticas, considerando a frequência ou o comprimento de onda, estabelece o espectro eletromagnético que é apresentado na Figura 10 (HEWITT, 2015). No espectro eletromagnético existe uma região chamada região do visível, que vem a ser o conjunto de radiações que são detectadas pelo olho humano. Portanto, a luz branca é composta por uma gama de cores do espectro visível.

Figura 10 - Espectro eletromagnético.

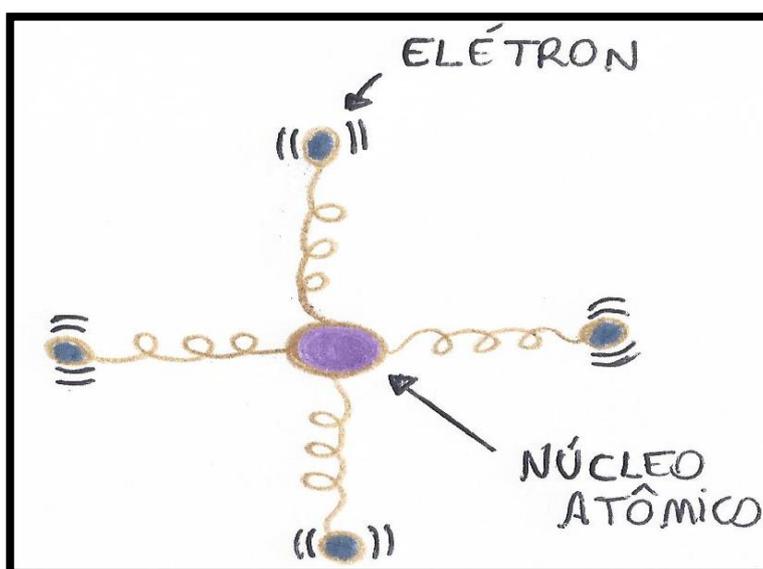


Fonte: Peter Hermes Furian / Shutterstock.com

Depois de identificado a luz branca como uma combinação de ondas eletromagnéticas com frequência específicas, deve-se analisar como ocorre o processo de interação entre a luz branca e o meio material. Para compreender esse processo, considere o seguinte modelo: imagine que os elétrons dos átomos dos materiais estejam ligados ao núcleo por molas, apresentando uma vibração natural. Quando uma onda luminosa incide sobre ele, os elétrons são postos em vibração, sendo observado que materiais mais elásticos respondem mais a determinadas frequências do que a outras (HEWITT, 2015). Os materiais apresentam uma frequência natural de vibração, quando uma fonte é capaz de intensificar essa vibração, diz-se que ocorreu o fenômeno de ressonância e a amplitude de oscilação aumenta. A Figura 11 é uma representação do modelo descrito anteriormente.

As frequências naturais de vibração dos elétrons dependem do quanto é intensa a ligação com os átomos ou moléculas. Quando uma onda eletromagnética atinge os elétrons e os coloca para oscilar, se a frequência da onda luminosa apresentar o mesmo valor que a frequência natural de oscilação dos elétrons, a intensidade de vibração aumenta e, conseqüentemente, a energia retida pelo átomo ou molécula será maior, assim, para aquela determinada onda eletromagnética, o material apresenta a característica de não ser transparente. Porém se a frequência não apresentar o mesmo valor da frequência natural, a amplitude de oscilação será de menor amplitude e, portanto, o elétron emitirá a energia na forma de luz, caracterizando um material transparente (HEWITT, 2015).

Figura 11 - Representação do átomo.



Fonte: O autor.

Como exemplo utiliza-se o vidro que apresenta a frequência natural de oscilação na faixa do ultravioleta. Se a luz visível incidir sobre o vidro, provocará nos elétrons do vidro

uma pequena vibração que não será suficiente para provocar o efeito de ressonância, e assim, absorver energia, logo, pode-se afirmar que para a luz visível, o vidro apresenta características de um material transparente. Se a onda eletromagnética apresentar sua frequência na faixa do ultravioleta, os elétrons do vidro aumentaram sua intensidade de oscilação, absorvendo mais energia, conseqüentemente para a luz ultravioleta o vidro se comporta como um material opaco (HEWITT, 2015).

4.1.4 Classificação das Cores

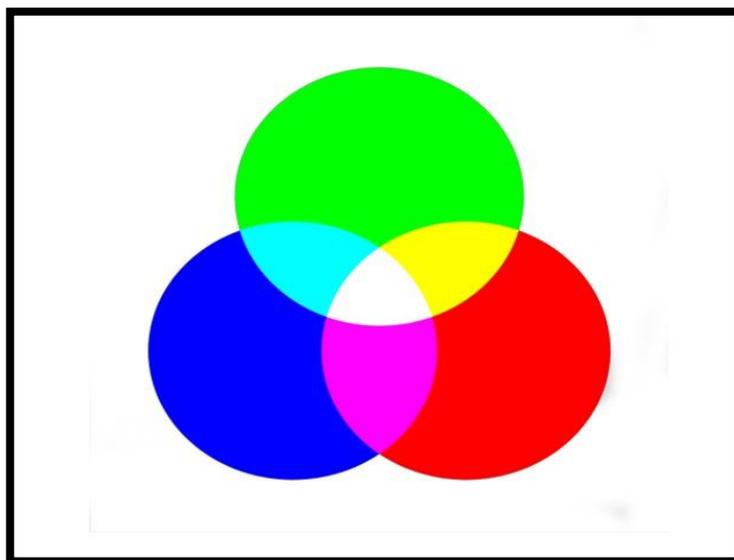
O processo de percepção das cores requer a diferenciação entre a cor-pigmento e a cor-luz. A cor-luz vem a ser a radiação luminosa que compõem o espectro do visível e apresenta como síntese aditiva a luz branca. A síntese aditiva é a composição de outras cores por meio da soma de três cores fundamentais: o vermelho, o azul e o verde, conhecido como sistema RGB. A soma dessas cores: duas a duas ou as três em diferentes proporções resultam em todas as cores; e a sua composição na sua máxima intensidade resulta na cor branca. As cores formadas pela combinação de duas das cores fundamentais são chamadas de cores secundárias ou complementares (SALLES, s.d.; PEDROSA, 2014). A Figura 12 apresenta um círculo cromático do sistema RGB, onde se tem a combinação de cor-luz primárias, formando as cores secundárias ou complementares. A mistura das cores: verde mais azul resulta na cor ciano, verde mais vermelho resulta na cor amarela e azul mais vermelho resulta na cor magenta.

A cor-pigmento é relacionada a substância material que compõem o objeto e pode apresentar as propriedades de absorver, refratar ou refletir a luz, dependendo da sua natureza. Devido à natureza do objeto, a luz ao incidir sobre pode ser absorvida integralmente ou não. Quando a luz incide sobre um objeto vermelho, apenas a luz vermelha é refletida, as demais cores são absorvidas pelo objeto. Se o objeto tivesse a capacidade de absorver integralmente todas as cores, a síntese subtrativa seria o preto (PEDROSA, 2014). Entende-se por síntese subtrativa a cor percebida de um objeto devido a luz refletida por ele, logo se um objeto é azul, significa que ao incidir luz branca apenas a cor azul será refletida pelo material, as demais cores foram absorvidas. Enxergamos a cor de um objeto porque ele absorve parte da luz incidente e reflete uma cor determinada devido às suas características físicas (PEDROSA, 2014; HEWITT, 2015).

A Figura 13 representa um círculo cromático para a cor-pigmento, onde se tem combinação das cores primárias para o pigmento formando suas cores secundárias ou

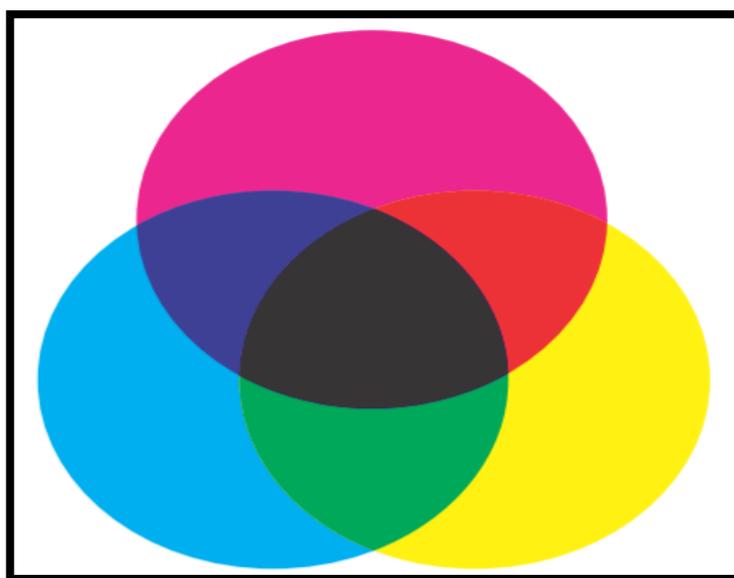
complementares. A combinação das cores magenta mais ciano resulta na cor azul, a combinação das cores magenta mais amarelo resulta na vermelho e a combinação das cores amarelo mais ciano resulta na cor verde, mostrando que as cores secundárias para o pigmento são as cores primárias para a luz. Portanto, as cores primárias para pigmento são: magenta, ciano e amarelo.

Figura 12 - Sistema RGB.



Fonte: David Arty.

Figura 13 - Sistema CYM.



Fonte: Pedrosa (2014)

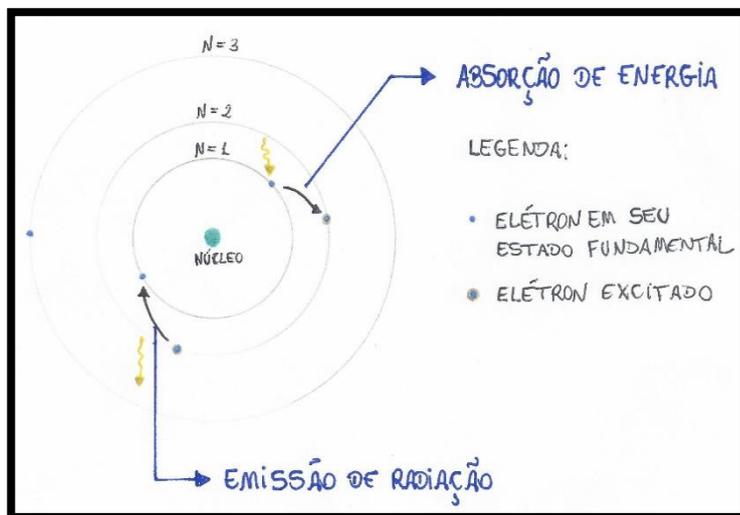
Para compreender melhor a interação entre a cor da luz e a cor do meio material é importante analisar o espectro de cores provenientes da fonte luminosa.

4.1.5 Espectros de Cores

As cores podem trazer informações sobre a composição química de determinado material. Para compreender essa relação entre as cores e a composição dos materiais, é necessário compreender algumas das características do modelo atômico de Niels Bohr. Em seu modelo, Niels Bohr propõem uma explicação para o comportamento do átomo de hidrogênio por meio de postulados. Assim sendo, os elétrons se movimentam em órbitas circulares, chamadas de estados estacionários, pois nessa órbita os elétrons não emitem nenhuma quantidade de energia. Cada elétron apresenta a quantidade de energia necessária para que permaneça no estado estacionário, porém ao receber uma quantidade de energia cujo valor seja uma múltiplo da energia do estado estacionário o elétron realiza um salto quântico passando para um nível mais energético, chamado de estado excitado. O elétron ao emitir a energia recebida na forma de fótons, retorna ao estado estacionário. Outra situação possível ocorre quando o elétron realiza o salto quântico de um nível de energia maior para um nível mais baixo e assim emite uma quantidade de radiação. Bohr determinou que a energia emitida corresponde a diferença de energia entre os dois níveis de energia dos dois níveis. Logo as denominadas camadas eletrônicas, são na verdade níveis de energia quantizados, ou seja, o elétron ao absorver a quantidade específica de energia, ele faz o salto quântico (HALLIDAY; RESNICK e WALKER, 2014; HEWITT, 2015; TIPLER e MOSCA, 2014). A Figura 14 é uma representação do modelo proposto por Niels Bohr.

A Figura 14 é a representação do modelo proposto por Niels Bohr, nela observa-se que o elétron (representado por meio de um ponto azul) ao receber uma quantidade específica de energia $E = h\nu$ (seta amarela incidente no elétron) salta para uma camada mais energética. Devido ao fato do elétron ser retirado do seu estado fundamental num certo momento a energia absorvida que contribuiu para o salto quântico é emitida $E = E_f - E_i = R_e \left(\frac{1}{n_i^2} - \frac{1}{n_f^2} \right)$ e o elétron retorna a sua órbita estacionária (estado fundamental). Para justificar o salto quântico e emissão de radiação, Niels Bohr utilizou das teorias propostas por Max Planck e Albert Einstein.

Figura 14 - Representação do Modelo de Bohr.



Fonte: O autor.

Segundo Max Planck a energia radiante não seria contínua, como previa a Física Clássica, mas apresentava caráter discreto, ou seja, ao buscar a explicação para a radiação emitida por um corpo aquecido, Planck propõem a ideia que a energia é absorvida ou emitida por um corpo aquecido por meio de pacotes de energia, e não ondas como previa a Física Clássica, a esse pacote de energia Planck chamou de quantum, no plural quanta (HEWITT, 2015; TIPLER; MOSCA, 2014). Para Planck a energia de cada quantum era proporcional a frequência da radiação correspondente, sendo escrita pela relação $E=h\nu$, onde h é a constante de Planck que tem o valor de $6,6 \cdot 10^{-34}$ J.s (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2014).

Em 1905, Albert Einstein considerando a proposição de Planck para a quantização da energia, apresenta a explicação para o efeito fotoelétrico, introduzindo a ideia de que a luz é quantizada. O efeito fotoelétrico, em linhas gerais, é a emissão de elétrons de uma superfície metálica devido a incidência de luz. Einstein considerou que a luz é composta por pacotes de energia que são denominados de fótons, e a emissão do elétron ocorre quando toda a energia contida no fóton é absorvida pelo elétron que é ejetado da superfície da placa. (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2014; HEWITT, 2015; TIPLER e MOSCA, 2014).

Com as duas teorias Niels Bohr consegue escrever como são os níveis de energia do átomo de hidrogênio e aprofunda a compreensão de que a radiação liberada no momento que o elétron retorna ao nível de energia do estado fundamental, são fótons de luz. Esse fóton liberado pelo elétron apresenta determinada frequência que pode ser caracterizada pelo espectro eletromagnético e, portanto, pode apresentar frequências contidas na região do espectro do visível (HEWITT, 2015; TIPLER; MOSCA, 2014), ver Figura 14.

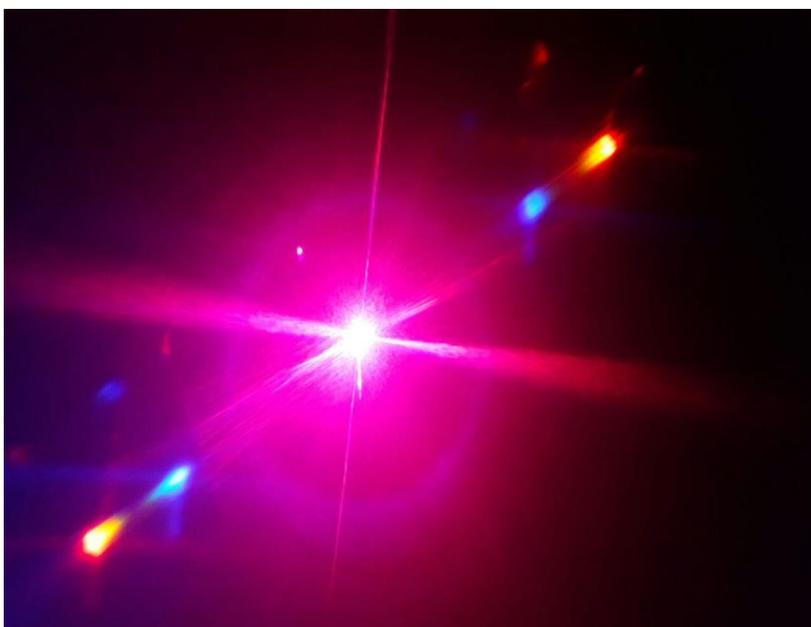
Uma das consequências do modelo de Niels Bohr é a possibilidade de identificar os elementos que constituem as estrelas devido ao estudo do espectro correspondente. O estudo de espectros é dividido pelos espectros de emissão e absorção, sendo eles contínuos ou discretos. Os elementos químicos apresentam um conjunto de níveis de energia bem específicos, sendo que a emissão de luz ocorre seguindo o padrão desses níveis de acordo com o espectro de emissão quando são excitados (HEWITT, 2015; TIPLER; MOSCA, 2014). Para uma observação de espectros, pode-se usar um espectroscópio, que vem a ser um arranjo experimental composto de uma fonte luminosa, uma fenda para delimitar a quantidade de raios luminosos uma lente que focaliza esses raios e prisma, ou rede de difração, que vai dispersar a luz que incide sobre ela, revelando o espectro da fonte luminosa (HEWITT, 2015). Denomina-se espectro de emissão, pois são emitidos pelas substâncias quando absorvem determinada radiação, para os átomos das substâncias os espectros que apresentam um fundo preto e faixas coloridas são chamados de descontínuos, são emitidos pelo átomo do elemento, no estado gasoso e pressão reduzida, quando sujeitos a descargas elétricas. Mas o espectro de emissão pode apresentar apenas a faixa colorida sem falha, chamados então de contínuos, como o caso do espectro da luz branca, da luz emitida por sólidos, líquidos e gases incandescentes a alta pressão (HEWITT, 2015). A Figura 15 apresenta um exemplo do espectro de emissão da luz de uma lâmpada incandescente, observa-se a ausência da faixa escura entre os espectros coloridos caracterizando um espectro contínuo. Na Figura 16 é apresentado o espectro da lâmpada RGB. esse tipo de lâmpada apresenta um circuito elétrico que permite a mudança na cor emitida pela lâmpada, na figura a cor escolhida foi a rosa, e as cores que aparecem após a dispersão são as faixas azul e vermelha, sendo um exemplo de um espectro descontínuo.

Figura 15 - Espectro da lâmpada incandescente.



Fonte: O autor.

Figura 16 - Espectro da lâmpada RGB.



Fonte: O autor.

O espectro de absorção surge no momento que parte da radiação emitida por uma fonte luminosa acaba absorvida por um elemento químico, a visualmente são espectro de fundo colorido e faixas pretas, que identificam as faixas de radiações absorvidas (HEWITT, 2015). A Figura 17 apresenta uma representação do espectro de absorção do hidrogênio.

Figura 17 - Representação do espectro de absorção do hidrogênio.



Fonte: ecientificocultural.com.

4.1.6 Estrutura do Olho Humano

Para compreender o processo de percepção das cores, passa-se, agora, para uma discussão sobre a estrutura do olho humano, seus componentes e sua interação com a incidência de luz.

A visão das cores é uma característica intrínseca de alguns seres vivos para diferenciar objetos de acordo com a propriedade da luz, porém existem animais que não possuem essa capacidade, eles são sensíveis a luz, mas, não a essa propriedade. Nos seres humanos 75 % da percepção está ligada ao sentido da visão. Pode-se compreender que existem dois fatores que se relacionam ao processo de percepção das cores: a luz e a visão.

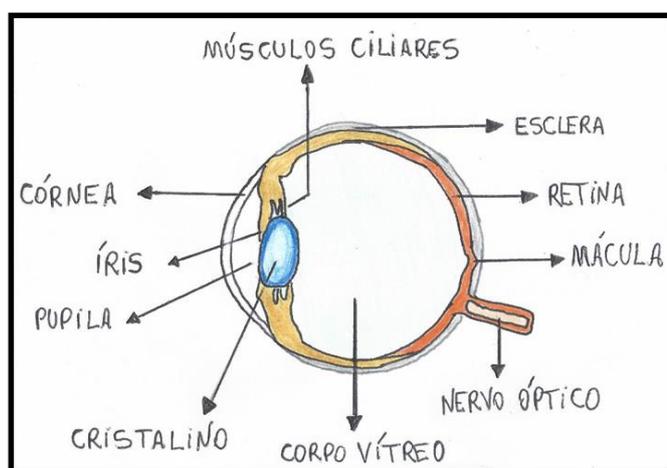
O Olho é o órgão responsável por captar os raios luminosos e transformá-los em impulsos para serem interpretados pelo sistema nervoso. Os componentes que fazem parte da estrutura do olho desempenham atividades específicas para transformação da informação contida na luz em sensações causadas pelo sentido da visão. A percepção visual refere-se ao processamento das informações que recebemos da luz que chegam aos olhos. A informação recebida é codificada e o resultado desse processo gera uma sensação, através de uma atividade nervosa que depende da informação recebida. O sistema visual humano tem a propriedade de captar e analisar a informação contida nos raios luminosos que chegam aos olhos, quando não se consegue interpretar uma informação, modifica-se o modo de análise, a maneira de observar, modificando assim a percepção visual do indivíduo (FEYNMAN; LEIGHTON; SANDS, 2008; PEDROSA, 2014; HEWITT, 2015).

A estrutura do olho divide-se em dois grupos: os responsáveis por captar a luz e os que transformam o impulso luminoso em impulso elétrico, por meio de reações químicas. A estrutura dos olhos consiste em: córnea, íris, pupila, cristalino, retina, esclera e nervo ótico. A córnea é constituída de cinco camadas de tecido transparente e resistente. O Epitélio é a camada mais externa da córnea, possui a propriedade regenerativa, recuperando-se rapidamente de lesões superficiais. As quatro camadas subsequentes, mais internas, proporcionam maior rigidez e proteção dos olhos a infecções (FEYNMAN; LEIGHTON; SANDS, 2008). A córnea é a parte dos olhos que recebe os impulsos luminosos.

A íris é a porção colorida do olho, localizada atrás da córnea, possui a propriedade de se ajustar as condições de luminosidade do ambiente, pois apresenta músculos com a capacidade de aumentar ou diminuir a pupila, sendo assim, regula a quantidade de luz que chega ao cristalino. A íris apresenta uma abertura central, através da qual a luz passa para alcançar o cristalino denominada pupila.

O cristalino tem a função de ajustar na retina o foco da luz que passa pela pupila. Apresenta a propriedade de aumentar ou diminuir sua superfície curva, para ajustar a focalização das imagens, próximas ou distantes, de acordo com a necessidade. A esta propriedade denomina-se "acomodação" (FEYNMAN; LEIGHTON; SANDS, 2008; PEDROSA, 2014; HEWITT, 2015). A Figura 18 é uma representação da estrutura do olho humano e seus componentes.

Figura 18 - Estrutura do olho humano.

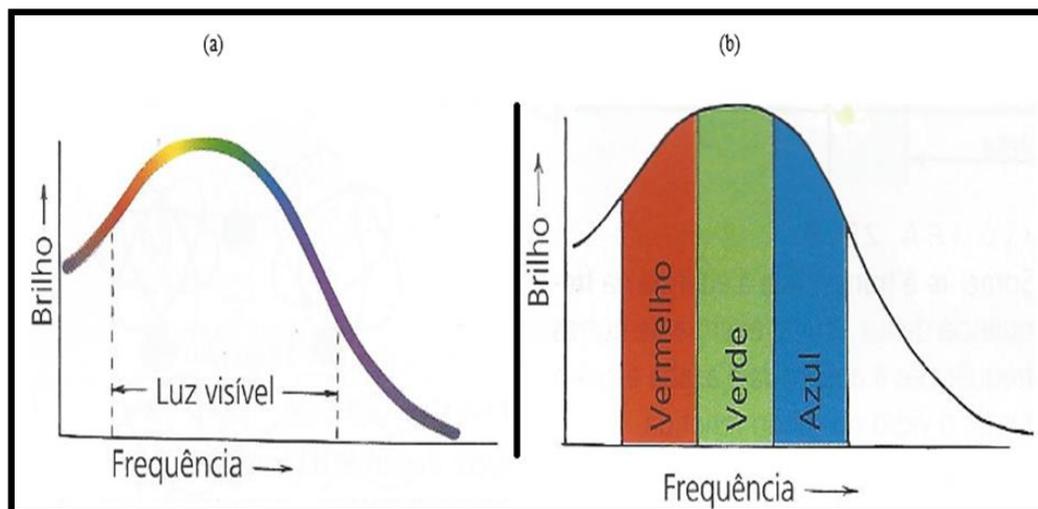


Fonte: O autor.

A retina é a membrana que ocupa a parede interna em volta do olho, que recebe a luz focalizada pelo cristalino. Apresenta fotorreceptores com a capacidade de transformar a luz em impulsos elétricos, que o cérebro pode interpretar como imagens. Existe na retina uma

região, no centro do campo de visão, que ativado quando se tenta observar o objeto com cuidado, e no qual apresenta a acuidade visual maior; essa região é chamada de fóvea ou mácula. Na retina, existem dois tipos de receptores: os bastonetes e cones, que se localizam em torno da fóvea. Cada receptor acomoda em torno de 4 milhões de moléculas, ricas em rodopsina, que é capaz de absorver quanta luminosos. A ação desses receptores permite distinguir a visão fotópica da escotópica. A visão fotópica, corresponde a gama de objetos que estão normalmente iluminados pela luz diurna, nessa situação os receptores cones são acionados. As células cones são classificadas em red (vermelho), blue (azul) e green (verde), pelo estímulo sofrido ao receberem a onda luminosa com a frequência correspondente ao vermelho, azul ou verde, quando o conjunto das três células cones são estimuladas surge a cor branca (FEYNMAN; LEIGHTON; SANDS, 2008; PEDROSA, 2014; HEWITT, 2015). Porém destaca-se que o espectro da luz solar, por exemplo, é composto por uma gama de radiações que vão da frequência mais baixa, que corresponde ao vermelho até a frequência mais alta que corresponde ao violeta, sendo assim é importante compreender como as células cones comportam ao receberem uma luz com frequência correspondente ao laranja. Para entender esse fato se define o gráfico de curva de radiação da luz solar, que relaciona o brilho e a frequência da luz solar. As cores brancas que são produzidas pela luz solar, em geral obedecem a essa distribuição de frequências, quando combinam-se toda a gama de frequência da luz solar, se produz branco. A Figura 19 apresenta o gráfico da curva de radiação da luz solar em duas condições. Na Figura 19 (a) observa-se a curva de radiação apresenta a faixa de frequência do espectro da luz, onde na região do amarelo-esverdeado a luz solar é mais brilhante. Na Figura 19 (b), a curva de radiação da luz solar está dividida em três regiões que correspondem ao vermelho, azul e verde, que são as cores primárias aditivas, logo a região que apresenta a frequência mais baixa vai estimular o conjunto de cones vermelhos, a região de frequência média do gráfico estimula dos conjunto de cones verdes e a região de frequência mais alta vai estimular o conjunto de cones azuis, ou seja, as demais frequência que correspondem as demais cores que aparecem no espectro solar, podem estimular, um, dois ou os três conjuntos de cones, formando as diferentes cores que se percebe (FEYNMAN; LEIGHTON; SANDS, 2008; PEDROSA, 2014; HEWITT, 2015).

Figura 19 - Curva da radiação da luz solar.



Fonte: Hewitt (2015).

Na visão escotópica, ou visão noturna, apresenta a ação predominante dos bastonetes. A luz incide na retina acionando o nervo óptico que transporta os impulsos elétricos para o centro de processamento do cérebro, para a devida interpretação. Existe um tecido fibroso externo que reveste e da forma ao globo ocular chamado de esclera. A esclera é a capa externa, fibrosa, branca e rígida que envolve o olho (FEYNMAN; LEIGHTON; SANDS, 2008; PEDROSA, 2014; HEWITT, 2015).

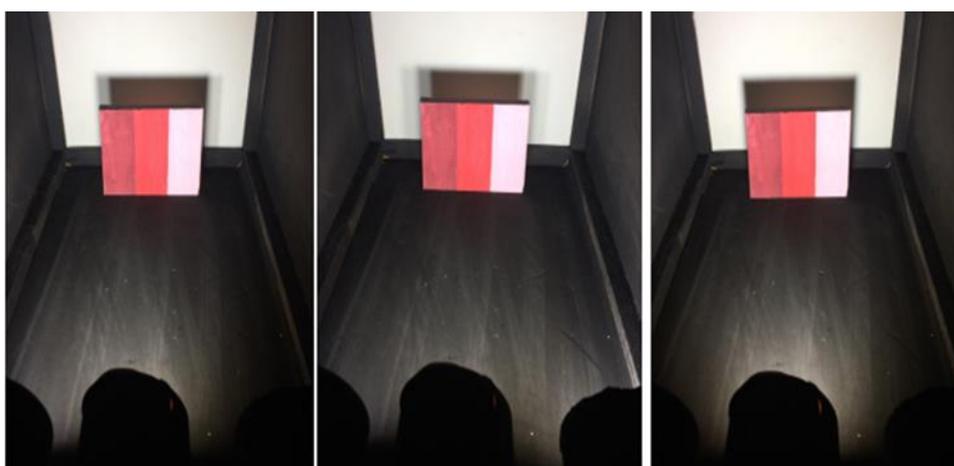
4.1.7 Percepção das Cores

A percepção das cores dos objetos depende de alguns fatores importantes, segundo Pedrosa (2014) são três características principais correspondem aos parâmetros básicos da cor: a matiz; luminosidade ou brilho; e o croma.

A matiz é a gama de comprimento de onda da luz direta ou refletida, sendo percebida como o vermelho, amarelo, azul e a mistura dessas três cores (PEDROSA, 2014). A luminosidade está relacionada à capacidade da cor refletir a luz branca que nela incide. A Figura 20 representa a mudança de luminosidade incidindo sobre uma tela pintada. Observando a figura fica difícil de identificar a diferença de luminosidade isso porque existe a interferência da resolução da câmera utilizada para as fotos, porém a observação ao vivo fica clara a diferença da luminosidade a medida que a luminosidade aumenta com o aumento do número de lâmpadas acesas. A preparação da tela considerou a última característica para a percepção das cores, o croma que significa a saturação, percebida como intensidade da cor, pode-se dizer que se refere a maior ou menor quantidade de luz presente na cor. Quando se

adiciona preto a determinado matiz, este se torna gradualmente mais escuro, e essas gradações são chamadas escalas tonais. Para se obter escalas tonais mais claras acrescenta-se branco (PEDROSA, 2014). Na Figura 21 vemos uma a tela pintada considerando as escalas tonais, no caso a faixa central é a cor na sua matiz pura, a faixa da esquerda da figura foi adicionado o pigmento preto a cor deixando a tonalidade escura e aumentado a absorção da luz, enquanto que na faixa da direita foi adicionado o pigmento branco o que deixou a tonalidade mais clara permitindo maior reflexão da luz que incide nessa faixa. Quanto maior a luminosidade mais clara a faixa da direita fica.

Figura 20 - Luminosidade de uma tela.



Fonte: O autor.

Figura 21 - Representação das escalas tonais.



Fonte: O autor.

5. MANUAL DE MONTAGEM DOS APARATOS EXPERIMENTAIS E MATERIAIS DIVERSOS

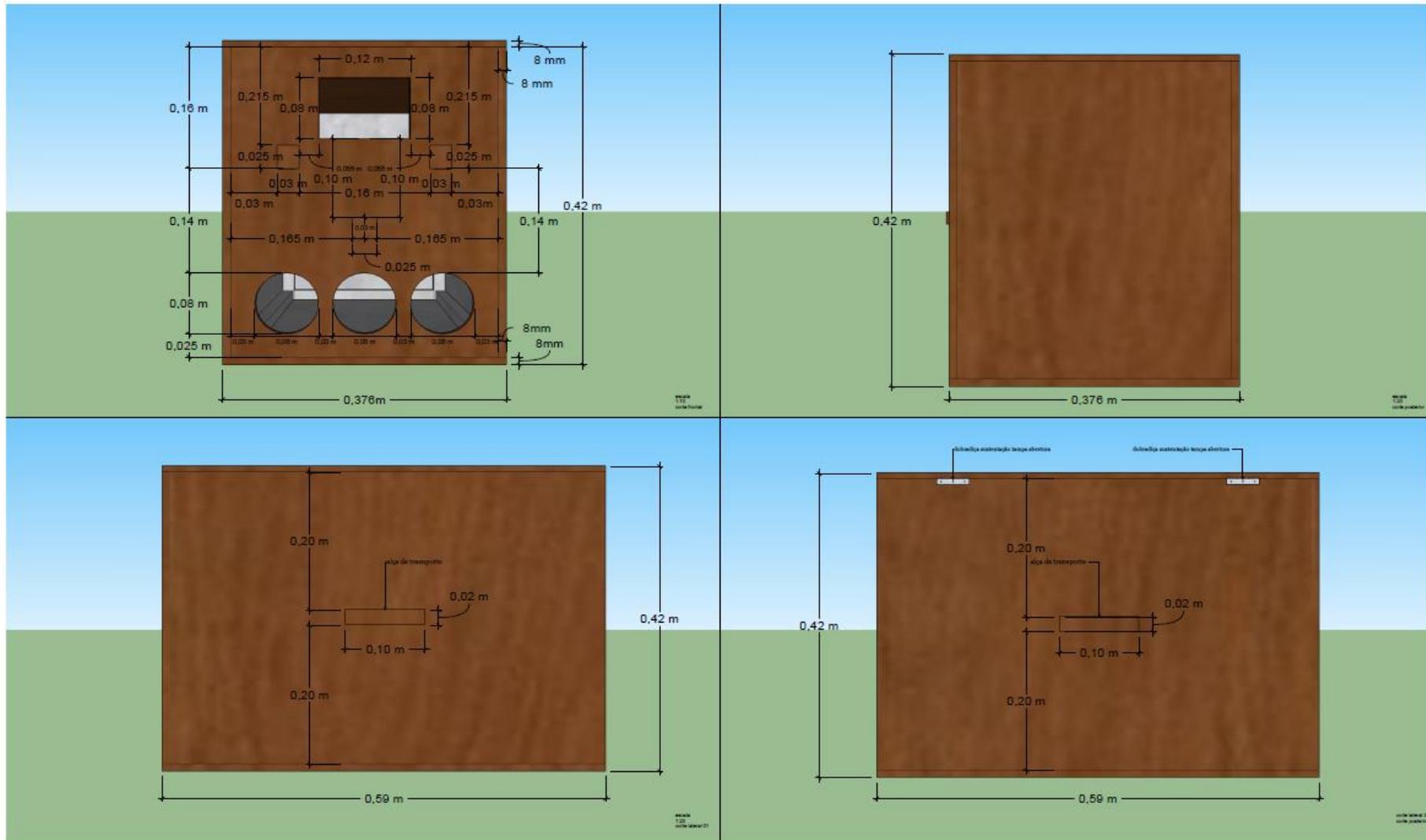
Nesse capítulo, apresentam-se todos os aparatos e/ou materiais utilizados na elaboração e desenvolvimento do Produto Educacional, com o intuito de explicar detalhadamente cada etapa de montagem dos aparatos e listagem de materiais, quando for o caso, acompanhado de imagens, para ilustrar e ajudar na compreensão e reprodução. Os aparatos e/ou materiais apresentados são: Caixa de Percepções (Caixa); Conjunto de materiais transparente, translúcidos e opaco; Filtros de cor; Sólidos geométricos para o estudo da formação de sombra e penumbra; Capas de ajuste; Capa de observação; Tela pintada com diferentes graduações da mesma cor; Esfera modelo (Esfera); Pião de Newton; Conjunto de potes de tintas guache; Pincéis de diferentes tamanhos e retângulos de cartolina para pintar; Filtros de papel e canetas coloridas; Suporte com lâmpadas, prismas e espectrômetros

5.1 CAIXA DE PERCEPÇÕES (CAIXA)

Este aparato experimental foi elaborado a partir da análise de trabalhos de Corteze et. al. (2005), Costa et. al. (2008) e Alves (2015), e considerando as propostas apresentadas, desenvolveu-se uma caixa com adaptações dos com base nos trabalhos dos dois primeiros trabalhos citados anteriormente. E, portando neste Produto Educacional, tem-se um aparato com uma maior versatilidade e, por isso, foi nomeado de Caixa de Percepções (Caixa). As Figuras 5.1 e 5.2 apresentam a planta da Caixa de Percepções projetada com o auxílio do software sketchup 2018 pro²³. Na Figura 5.1, mostra-se a visão externa da caixa de percepções, enquanto, que na Figura 5.2 tem-se a visão interna da mesma.

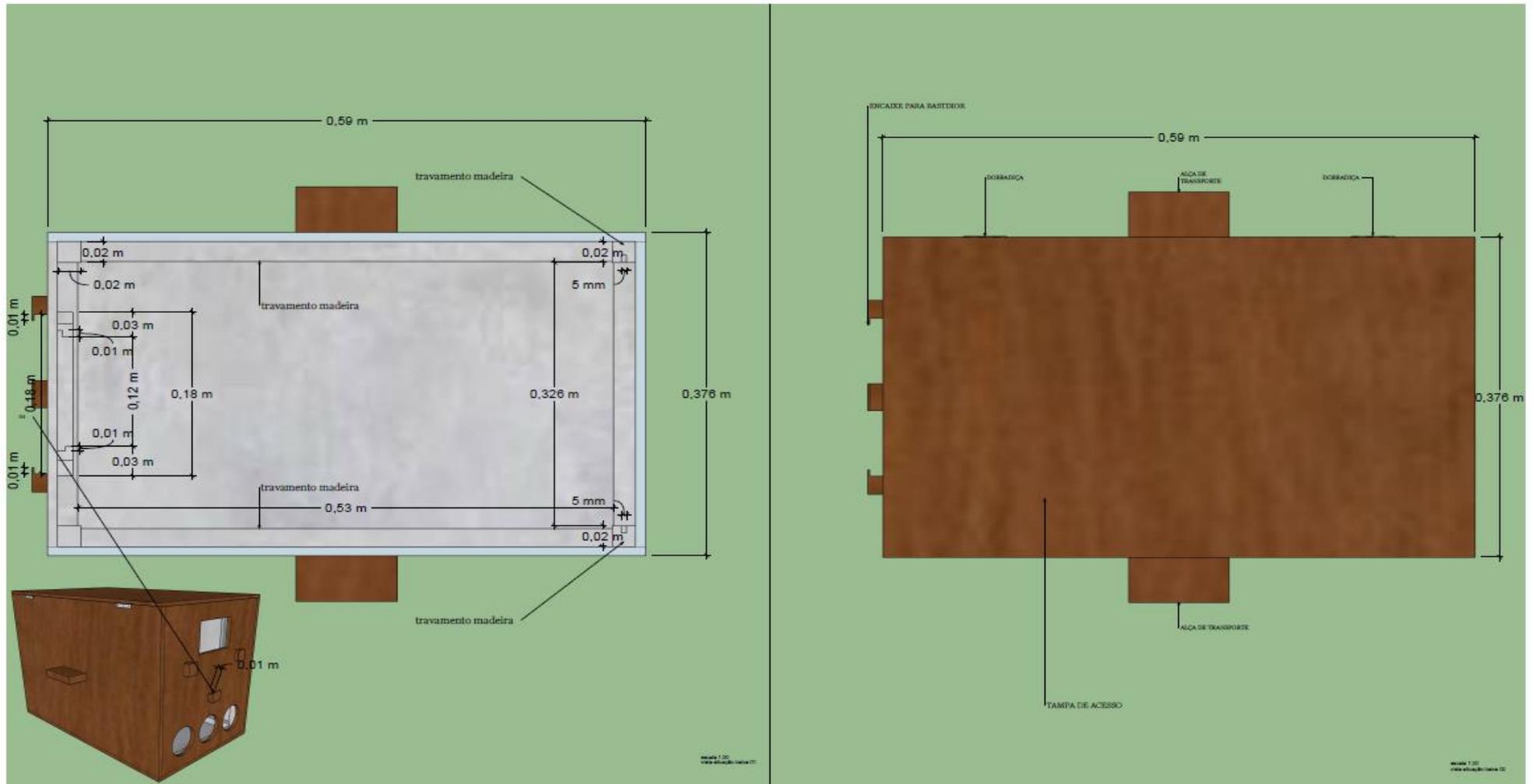
²³ Software utilizado pela empresa AS – pré-moldados que prestou o serviço de desenhar a planta da Caixa de Percepções.

Figura 5. 1: Planta da Caixa de Percepções: visão externa



Fonte: O autor.

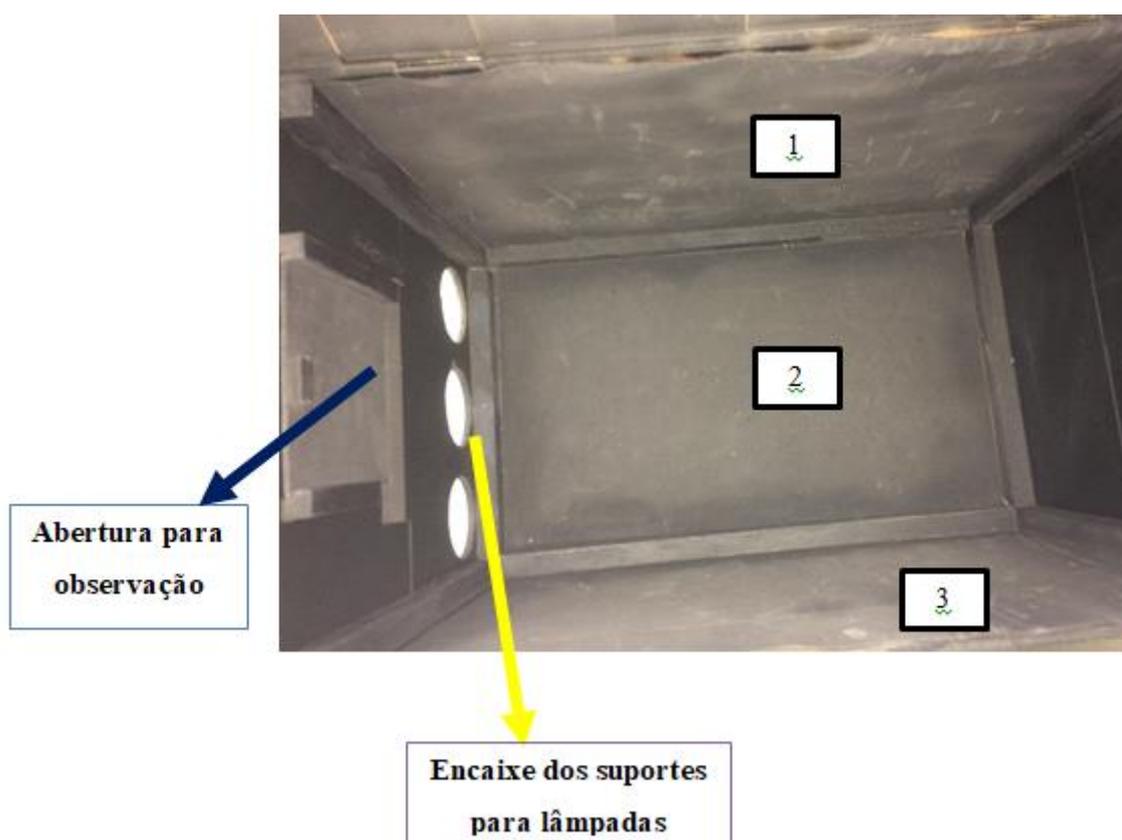
Figura 5. 2: Planta da Caixa de Percepções: visão interna.



Fonte: O autor.

Para uma melhor compreensão da estrutura da caixa de percepções, na construção foi utilizado piso de madeira usado, porém, a Caixa pode ser construída com chapa de compensado. Na Figura 5.3, apresenta-se a visão da parte interna da caixa: a esquerda da figura, indicada por uma seta amarela, há três furos para o encaixe do suporte para lâmpadas e que serão descrito adiante; ainda a esquerda e acima, indicada por uma seta azul, encontra-se a abertura para observação; o fundo e a laterais, indicados pela numeração 1, 2 e 3, foram revestidas com papel EVA preto fosco para evitar a reflexão da luz das lâmpadas.

Figura 5. 3: Parte interna da Caixa de Percepções.



Fonte: O autor.

A Figura 5.4 mostra as telas utilizadas dentro da Caixa, as quais são feitas de compensado e medem 31cm x 36cm. As telas têm por finalidade de auxiliar nas experiências dentro da Caixa, essas telas são revestidas de EVA nas cores preta e branca.

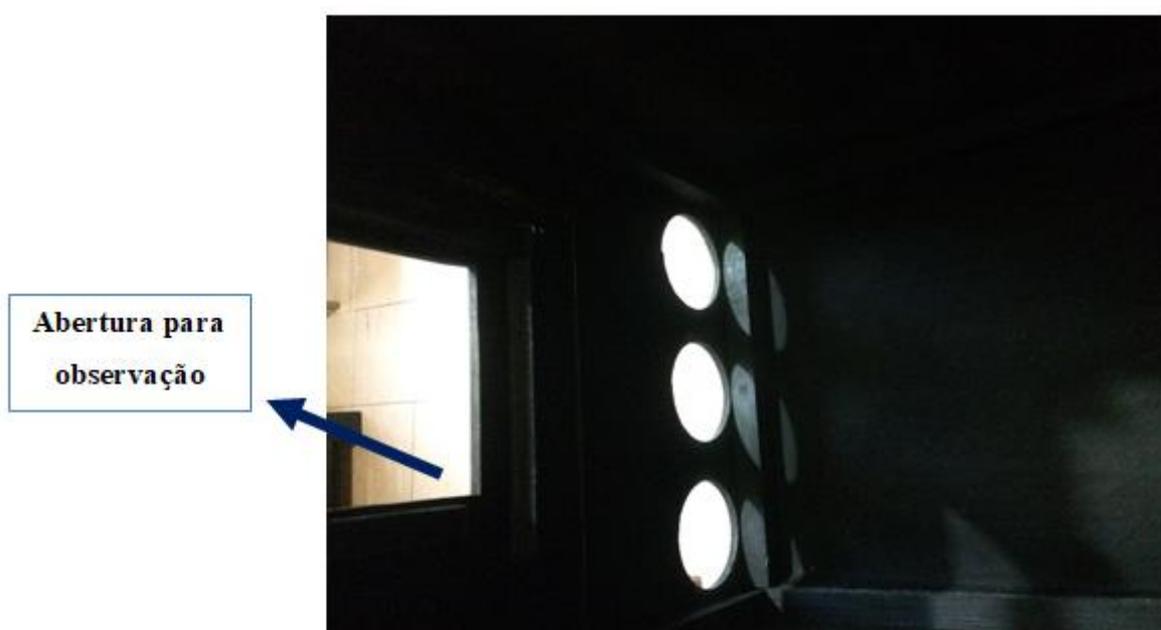
Figura 5. 4: Tela para projeção dentro da Caixa de Percepções.



Fonte: O autor

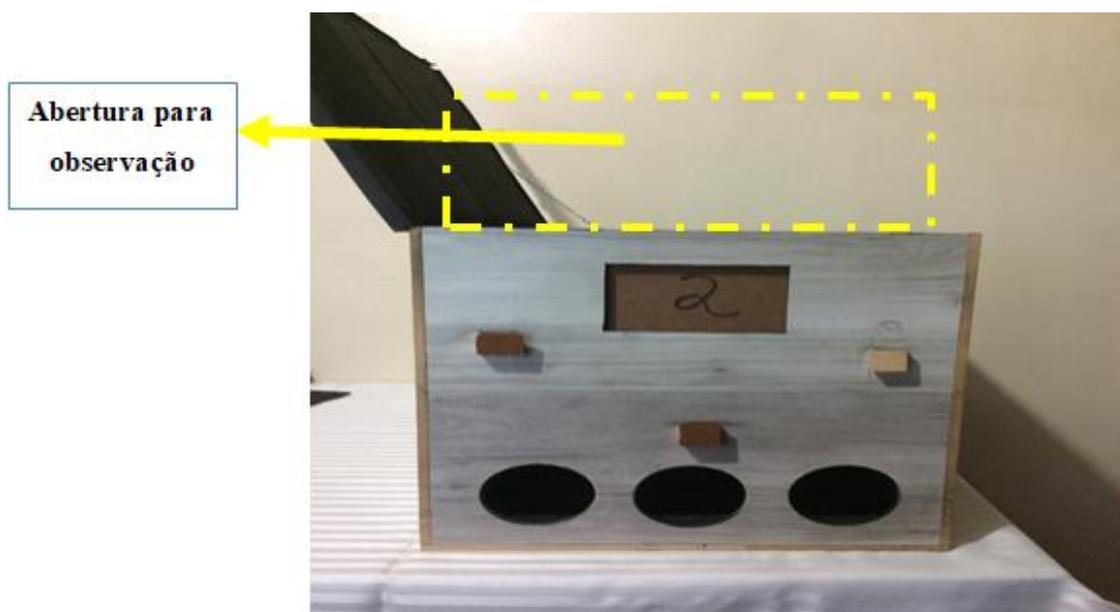
As figuras 5.5 e 5.6 mostram imagens da parte interna e externa da abertura para observação e os furos para o encaixe dos suportes para lâmpadas, respectivamente.

Figura 5. 5: Vista interna da abertura para observação



Fonte: O autor.

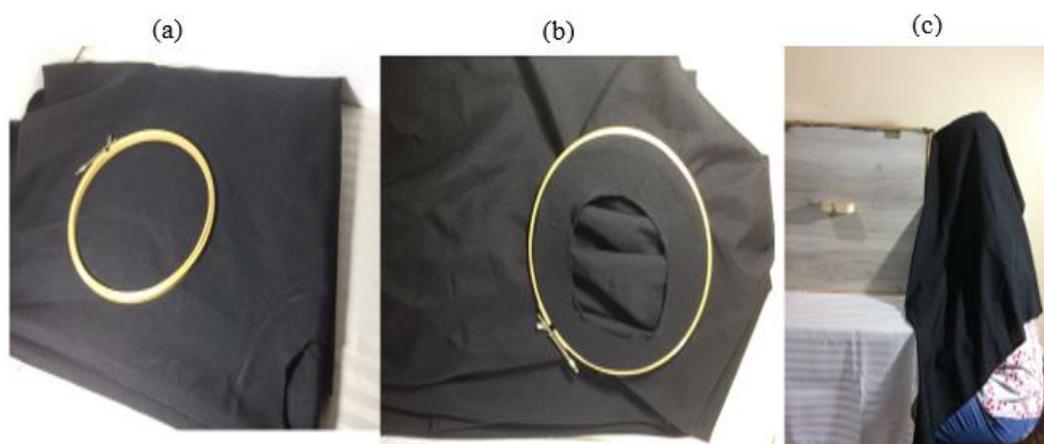
Figura 5. 6: Vista interna da abertura para observação



Fonte: O autor.

Ainda, na Figura 5.6, observa-se na face externa três suportes ao lado da abertura de observação, indicado por um retângulo azul, a função deles é segurar um bastidor de bordado de 23 cm de diâmetro que foi revestido com um tecido preto fosco para diminuir a influência da luminosidade dentro da caixa. O tecido utilizado foi o Oxford cortado na medida de um quadrado de 1 x 1 metros. A Figura 5.7 apresenta os materiais para confeccionar a capa que protege o observador da influência da luminosidade externa. Na Figura 5.7 (a), estão o tecido para a capa e o bastidor de 23 cm de diâmetro, no qual é fixado tecido, na Figura 5.7 (b), o tecido está fixado no bastidor, centralizado o recorte que forma uma abertura para observar por meio do tecido e na Figura 5.7 (c), observa-se a forma como se utiliza a capa para observação.

Figura 5. 7: Capa para observação: em (a) tecido e bastidor; (b) a montagem; (c) forma de utilização.

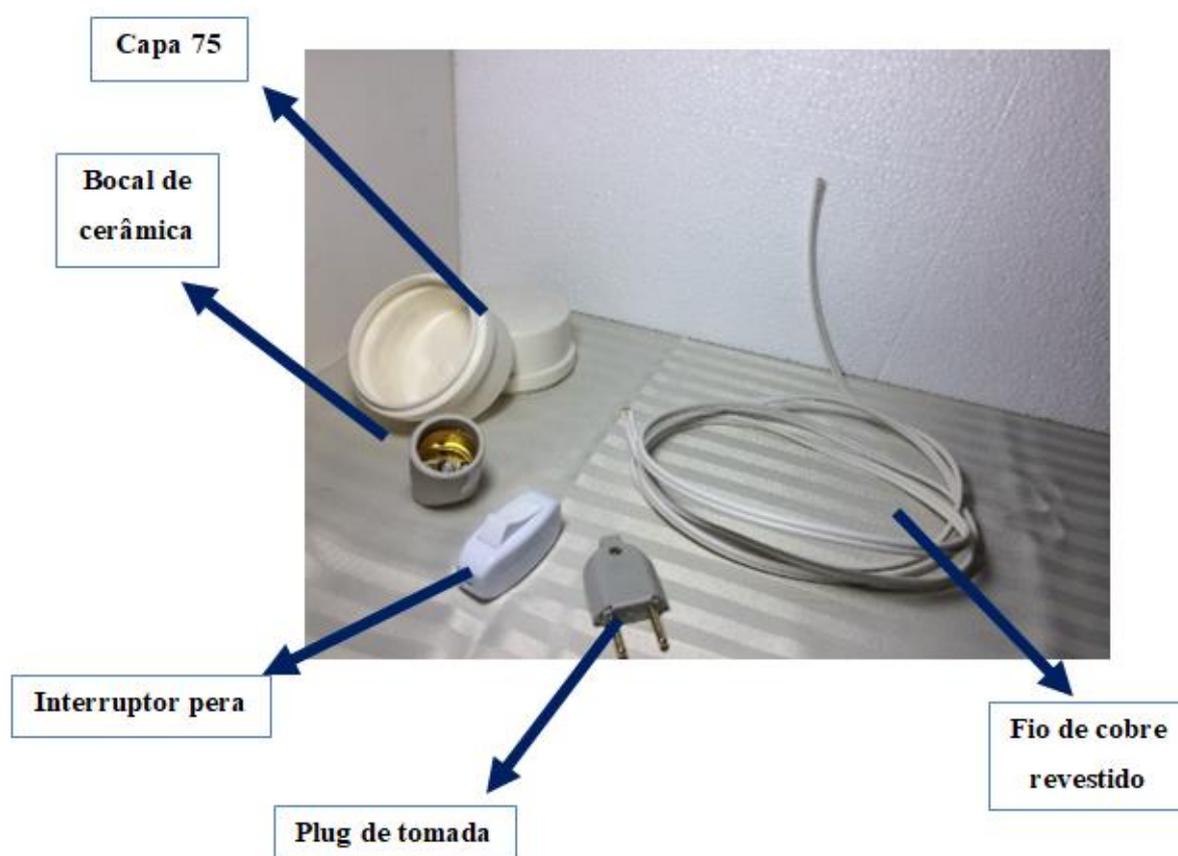


Fonte: O autor.

5.2 SUPORTE PARA LÂMPADAS

Para observação das experiências relacionadas com o conceito de cor e sua percepção foram desenvolvidos suportes para as lâmpadas utilizadas dentro da Caixa. Na Figura 5.8 apresentam-se os materiais utilizados para montagem do suporte para lâmpadas. Foram utilizados os seguintes materiais: bocal de cerâmica, interruptor pera, plug de tomada, fio de cobre revestido e capa 75 para cano 75.

Figura 5. 8: Materiais utilizados para montagem do Suporte para lâmpada.

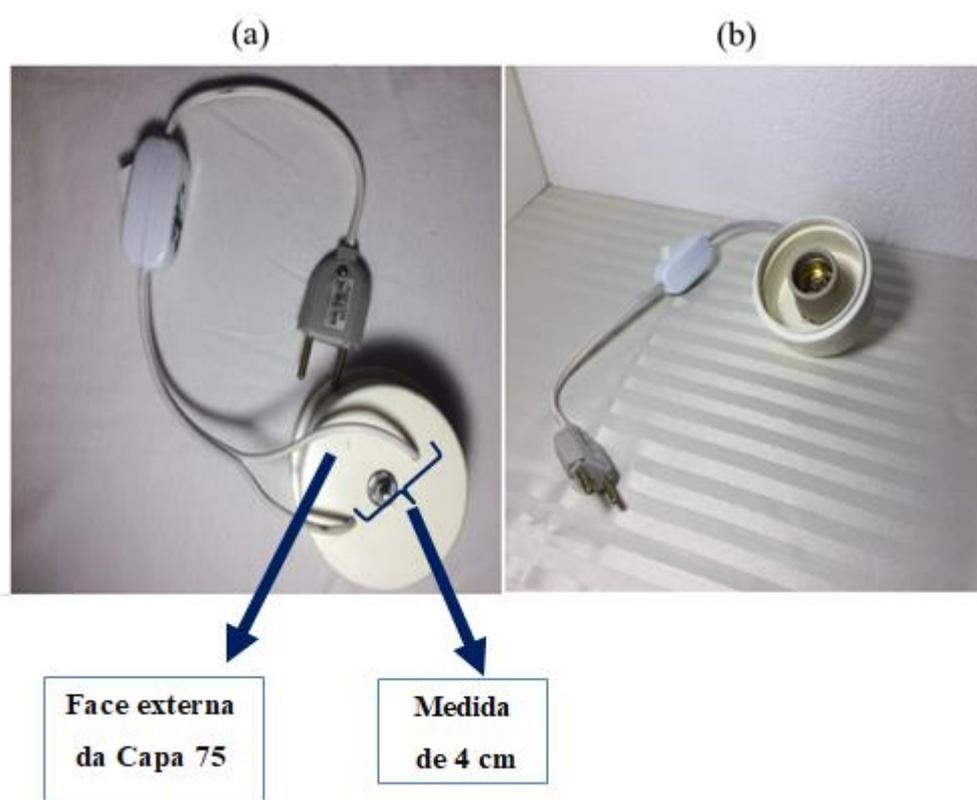


Fonte: O autor.

Para montagem, foi realizado o seguinte procedimento: deve-se medir o centro da face externa da Capa 75, em seguida fazer uma medida de 2 cm para cada lado do centro da Capa 75 e furar com o auxílio de furadeira para passar o fio e conectar ao bocal de cerâmica. Em uma das extremidades do fio de cobre revestido é conectado bocal de cerâmica, que fica na parte interna da Capa 75, e na outra extremidade é conectado o plug de tomada. Foram

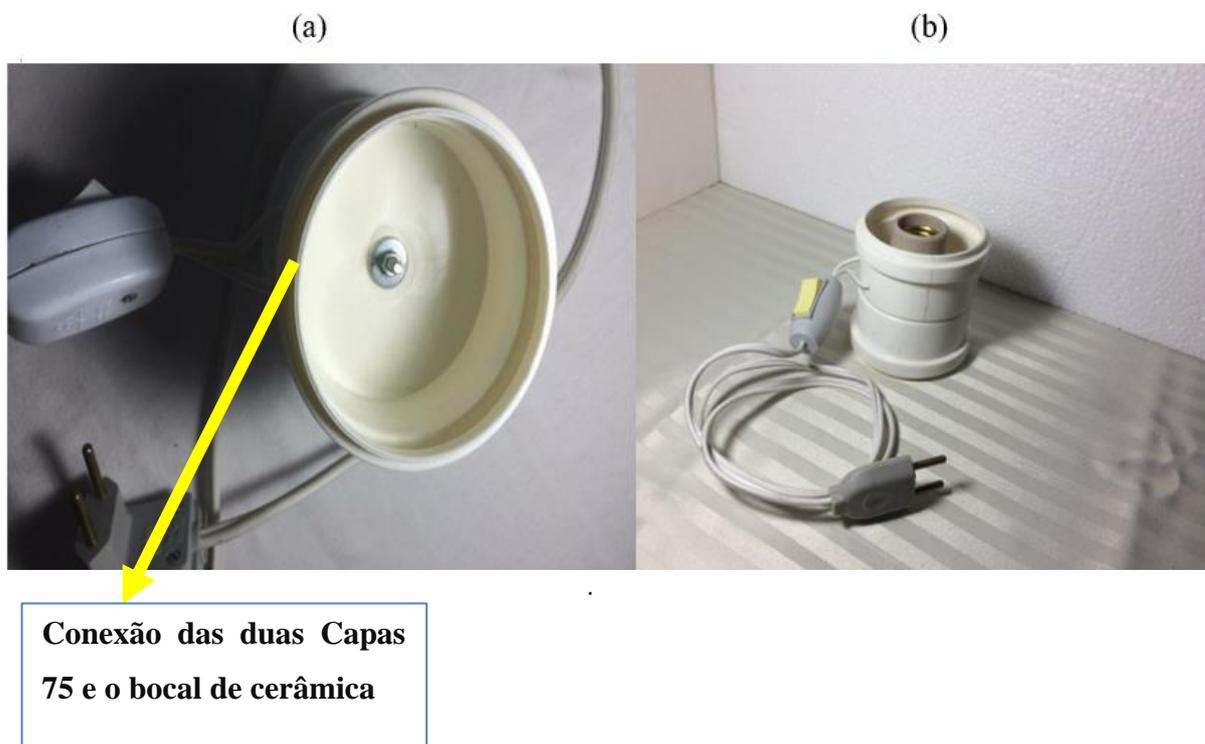
utilizados 25 cm de fio de cobre revestido para cada suporte de lâmpada. No total, foram montados 12 suportes de lâmpadas, divididos em: quatro conjuntos, com três suportes e mais três suportes de lâmpadas verticais para observação fora da Caixa. Para a montagem desse suporte vertical segue os mesmos procedimento para os suportes para a Caixa, o diferencial que se deve unir duas Capa 75 pelas faces externas e depois fazer as conexões com o bocal de cerâmica. As Figuras 5.9 e 5.10 mostram os suportes para lâmpadas que é utilizado dentro da Caixa e o suporte para lâmpadas vertical usado para experiência de observar os espectros das lâmpadas.

Figura 5. 9: Suporte para lâmpadas usado acoplado na Caixa de percepções: em (a) a conexão do fio de cobre revestido e (b) o suporte montado



Fonte: O autor.

Figura 5. 10: Suporte para lâmpadas vertical: em (a) a conexão entre as faces externa da Capa 75 e (b) o suporte montado.



Fonte: O autor

Para melhor iluminar e direcionar a região a ser iluminada pela lâmpada dentro da Caixa, cada suporte para lâmpadas foi conectado a um tubo de PVC de 30 cm revestido com uma folha de EVA preto fosco. Na Figura 5.11 é mostrado o cano de PVC revestido, em 5.11 (a), têm-se os materiais utilizados que são os seguintes: cano 75 (PVC) de 30 cm de comprimento, uma folha de EVA preto fosco. Deve-se limpar a parte externa do cano para eliminar partículas de poeira, que impedem a aderência da cola para EVA. Na Figura 5.11 (b), mostra-se o cano 75 já revestido pela folha de EVA preto fosco. As Figuras 5.12 e 5.13 apresentam os suportes para lâmpadas combinados com o cano revestido.

Figura 5. 11: Cano revestido: em (a) cano 75 e folha de EVA preto fosco e (b) o cano já revestido com a folha de papel EVA preto fosco.



Fonte: O autor.

Figura 5. 12: Suporte para lâmpadas combinados com o cano revestido de EVA.



Fonte: O autor.

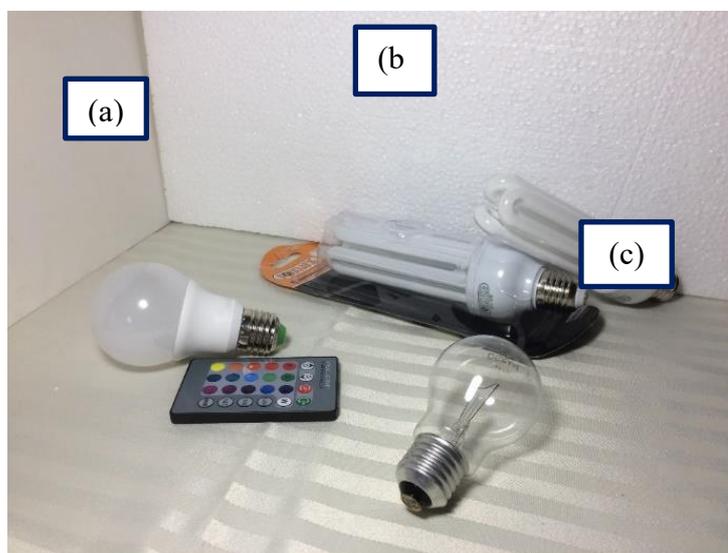
Figura 5. 13: Suporte vertical para lâmpada combinado com o cano revestido de EVA.



Fonte: O autor.

Durante as experiências se utilizam três modelos de lâmpadas, a fluorescente, a incandescente e a RGB que apresenta um circuito elétrico que permite alterar a cor emitida. Para as experiências com a Caixa, são utilizadas lâmpadas fluorescentes, e para as demais experiências são utilizadas as lâmpadas incandescente, RGB e fluorescente. A Figura 5.14 apresenta os três modelos de lâmpadas utilizadas, sendo em (a) a lâmpada Bulbo 5w E27 Bivolt - RGB Controle Remoto; em (b) a lâmpada fluorescente Eletrônicas 3u 25w/127v; em (c) a lâmpadas incandescente OSRAM 60w/127V.

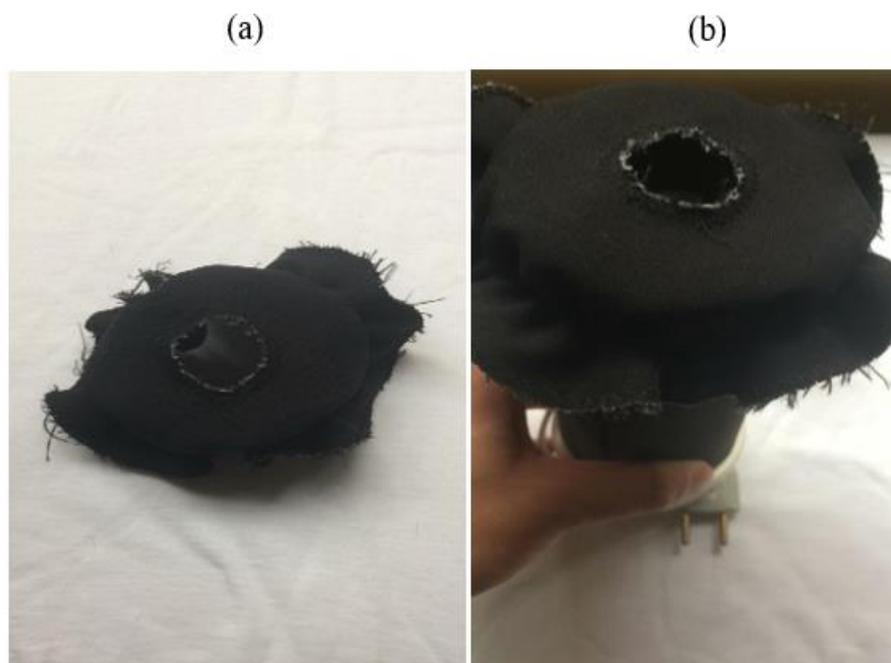
Figura 5. 14: Conjunto de lâmpadas: (a) lâmpada RGB, em (b) lâmpada fluorescente e (c) lâmpada incandescente.



Fonte: O autor.

Para a experiência sobre os conceitos de sombra e penumbra, é necessário diminuir a extensão da fonte de luz em uma das Caixas, portanto utiliza-se uma capa de ajuste para colocar na abertura do tubo revestido de EVA. Esta capa é feita de tecido Oxford cortado um círculo de 18 cm de diâmetro e, nele é costurado um elástico com o diâmetro de 7 cm, que corresponde ao diâmetro da abertura do tubo. O elástico deve ser costurado com auxílio da máquina de costura e depois passado no overloque para evitar que o tecido desfie. Na Figura 5.15 são mostrados a em (a) a Capa de ajuste costurada, e (b) sua utilização no tubo revestido.

Figura 5. 15: Capa de ajuste: em (a) Capa de ajuste costurada, em (b) Capa de ajuste combinada com o Suporte para lâmpada.



Fonte: O autor.

5.3 FILTROS DE COR

Os filtros de cor foram elaborados a partir da análise de trabalhos de Corteze et. al. (2005), Costa et. al. (2008) e Alves (2015), considerando as propostas apresentadas que utilizaram do papel gelatina, desenvolveu-se um filtro com adaptações dos dois primeiros trabalhos citados anteriormente. Foram utilizadas capas de CD e tinta vitral para confecção dos filtros de cor. As figuras seguintes apresentam a montagem dos filtros de cor. Foi utilizado um rolo de espuma para pintar a capa de CD. A pintura deve ser feita sempre no

mesmo sentido sem voltar porque pode formar bolas de tinta na capa de CD. A cor vermelha é mais forte que as demais, sendo necessário mais demãos para as cores azul e verde, sendo mais específico, foram necessárias o dobro demãos em relação a tinta vermelha. Os tons utilizados são o vermelho fogo, o azul cobalto e o verde pinheiro. A Figura 5.16 mostra os materiais utilizados para preparar os filtros de cor e a Figura 5.17 apresenta dos filtros prontos e colados sobre uma base de isopor revestida com EVA preto fosco.

Figura 5. 16: Materiais para os filtros de cor: tinta vitral, rolo de espuma e capa de CD.



Fonte: O autor.

Figura 5. 17: Filtros de cor: azul, vermelho e verde.

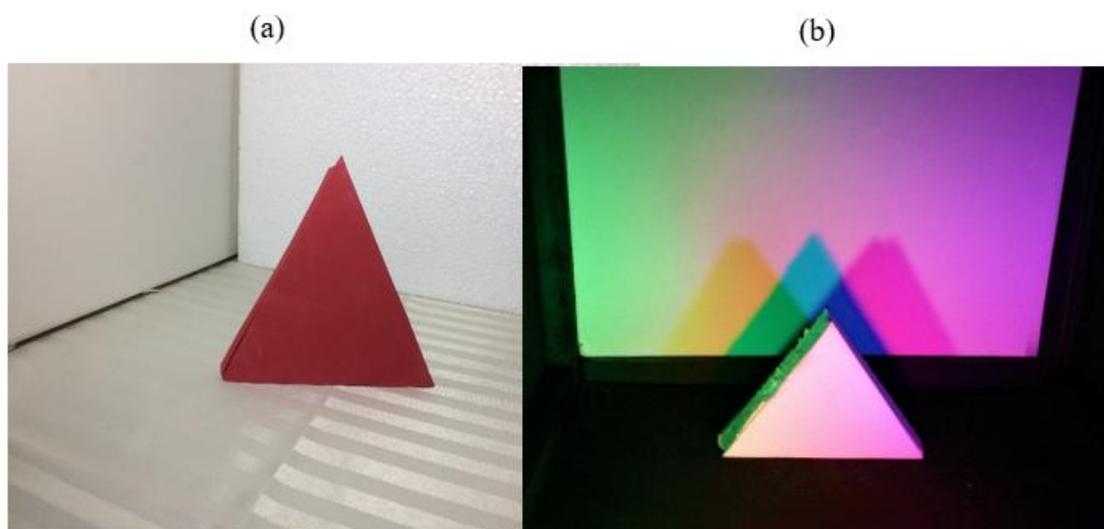


Fonte: O autor.

5.4 SÓLIDOS GEOMÉTRICOS

Os sólidos geométricos são pensados para a diferentes experiências na Caixa. Para preparar os sólidos geométricos, utiliza-se uma placa de isopor de 15 mm, a qual serve para construir os sólidos na forma triangular para os experimentos de sombra e penumbra dentro da Caixa. São montados dois tamanhos de sólidos geométricos da forma triangular, ambos revestidos com EVA branco fosco, as medidas dos lados dos triângulos são: o menor com 8 cm de base por 8 cm de altura, e o maior 10 cm de base por 10 cm de altura. Para o desenvolvimento das experiências dentro da Caixa, são necessários 8 sólidos geométricos da forma triangular, sendo: 4 com as medidas 8 cm x 8 cm e 4 com as medidas 10 cm x 10cm. Além desses sólidos, são necessários mais 4 sólidos geométricos da forma triangular com as medidas 10cm x 10cm revestidos com EVA de outras cores. A Figura 5.18 mostra dois modelos de sólidos geométricos da forma triangular, na Figura 5.18 (a) mostra-se o sólido revestido com EVA vermelho e na Figura 5.18 (b), tem-se a imagem do sólido revestido de EVA branco fosco.

Figura 5. 18: Sólidos geométricos da forma triangular: em (a) revestido com EVA vermelho e (b) revestido com EVA branco fosco.



Fonte: O autor.

Além desse modelo de sólido geométrico, com uma placa de isopor de 10 mm, monta-se o paralelepípedo que é utilizado nos Momentos 5 e 6 para montar a composições de objetos a serem observados na Caixa. Para montar esse paralelepípedo, precisa-se de quatro

retângulos de 5 cm x 12 cm colados com colar de isopor e mais um quadrado de 5 cm x 5 cm para formar tampa superior do sólido, são necessários no mínimo 8 paralelepípedos. Na Figura 5.19 apresenta-se um modelo do paralelepípedo montado.

Figura 5. 19: Sólido geométrico: paralelepípedo.



Fonte: O autor.

Além desses sólidos, ainda são necessários esferas de isopor de 50 mm e um sólido na forma retangular de 18 cm x 12 cm que são utilizados para as composições dos Momentos 5 e 6. Para essas atividades são necessários 6 esferas e 4 sólidos de forma retangular. A Figura 5.20 apresenta os sólidos descritos anteriormente, na Figura 5.20 (a), tem-se a esfera de isopor, em 5.20 (b), o sólido na forma retangular e, em 5.20 (c), um modelo de composição montada para as aulas dos Momento 5 e 6.

Figura 5. 20: Conjunto de sólidos geométricos: (a) esfera de isopor, em (b) sólido na forma retangular e (c) composição com sólidos geométricos.



Fonte: O autor.

5.5 PIÃO DE NEWTON

A construção do pião foi adaptada do trabalho de Tatit (2003) que desenvolveu atividades utilizando de material acessível. Sendo que a presente proposta tem origem no trabalho interdisciplinar entre cursos de Licenciatura em Física (LF) e Licenciatura em Artes Visuais (LAV), ambos da Universidade Estadual de Ponta Grossa que pintaram o pião com duas cores, e, este quando colocado para girar produziu uma cor que era a mistura das cores. Assim, o pião foi intitulado Pião de Newton²⁴.

O uso do Pião de Newton tem por objetivo discutir a mistura de cores por meio do movimento. Devem ser confeccionados vários piões para atender o número de alunos. Para a construção do Pião de Newton, deve-se separar, um palito de churrasco, uma folha dupla de jornal e cola branca, como mostrado na Figura 5.21.

²⁴ O referido trabalho desenvolvido pelo mestrando Marcos Damian Simão e pela doutoranda Luzita Erichsen, na época de graduação, eram orientados, pelo Prof. Dr. André Maurício Brinatti e a Prof. Dra. Josie Agatha Parrilha da Silva respectivamente, está em fase de elaboração para publicação.

Figura 5. 21: Materiais para a construção do Pião de Newton.

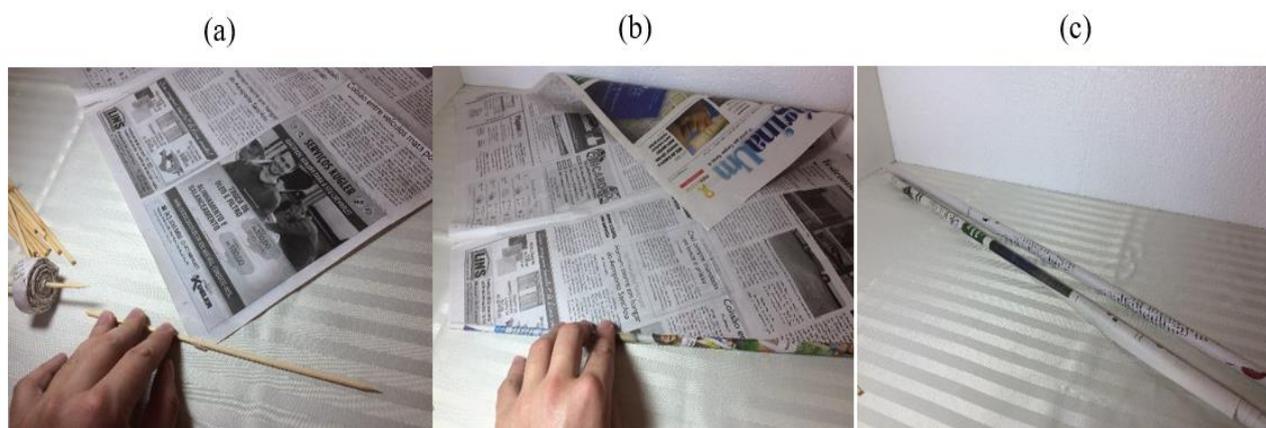


Fonte: O autor.

O primeiro passo é enrolar a folha de jornal em forma de tubos longos e fininhos, com espessura aproximada de um dedo, e apertar bem para que fiquem com forma de tira. A Figura 5.22 apresenta a etapa descrita, em (a) o jornal é enrolado com o auxílio do palito de churrasco, em (b) o jornal é enrolado com as mãos e em (c) a tira de jornal está pronta.

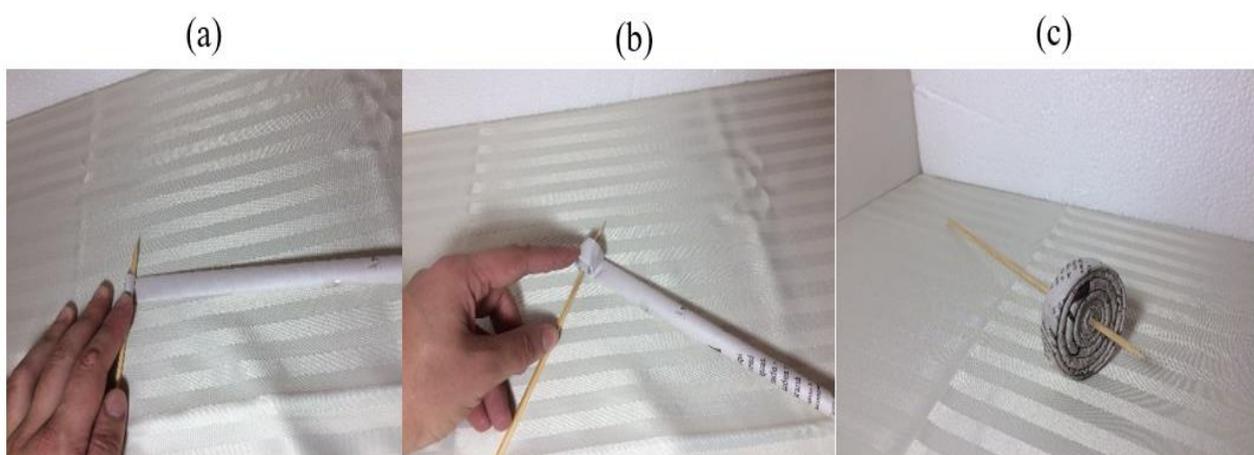
O segundo passo é espalhar cola branca sobre um dos lados da tira e enrolá-la com o lado da cola sobre o palito. A tira deve ser colada a aproximadamente, um dedo de distância de uma das pontas do palito. Enrolar até acabar a tira e o pião estará pronto para ser colorido. Na Figura 5.23, são apresentados os procedimentos finais da construção do pião, em (a) tira de jornal sendo enrolada a 3 cm da ponta do palito, em (b) a tira enrolada sempre apertando a cada volta para que não se solte e em (c) o Pião de Newton está pronto para ser pintado.

Figura 5. 22: Primeira etapa para construção do Pião de Newton: em (a) jornal começa a ser enrolado usando o palito, em (b) enrolando o jornal com as pontas dos dedos e em (c) a tira de jornal pronta.



Fonte: O autor.

Figura 5. 23: Segunda etapa de construção do Pião de Newton: em (a) a tira de jornal sendo enrolada no palito, em (b) tira de jornal sendo pressionada para que não solte enquanto é enrolada e em (c) o pião pronto.



Fonte: O autor.

5.6 ESPECTRÔMETRO

O espectrômetro foi adaptado do trabalho de Da Rocha, Dos Santos e Germano (2013), corrigir a referência que elaboraram uma oficina sobre espectroscopia para possibilitar a discussão de assuntos de Física Moderna, Para a presente montagem são utilizados os seguintes materiais: tudo de papelão, CD, papel cartão preto foco e fita adesiva.

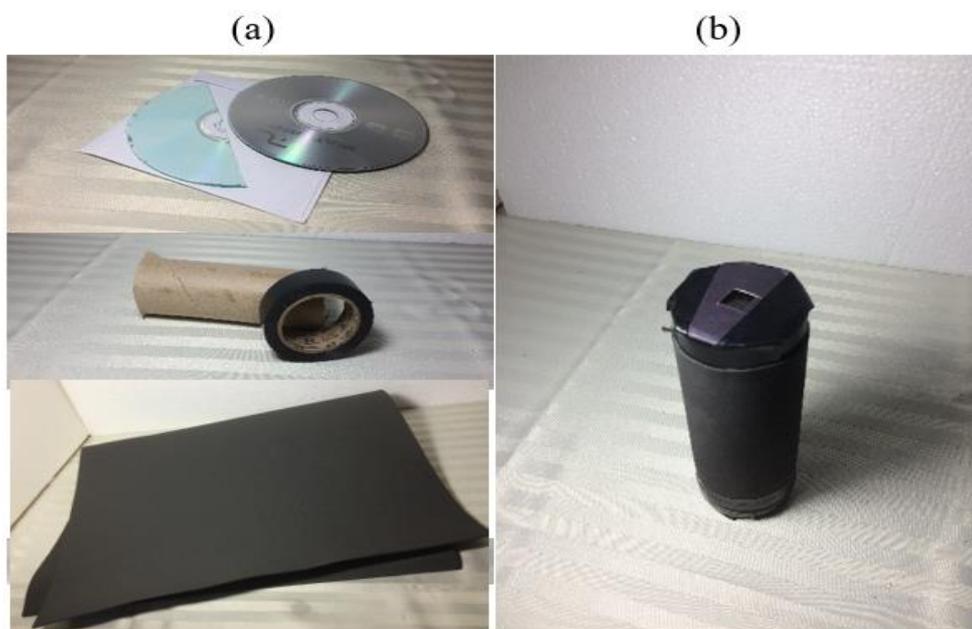
Para construir o espectrômetro, deve-se revestir a parte externa do tubo de papelão e vedar as duas extremidades com o papel cartão. Em uma das extremidades é feita uma

abertura de dimensões 2cm x 1cm onde será colado o pedaço do CD e na outra extremidade se faz uma fenda de aproximadamente 1 mm de espessura.

Para cortar o CD, deve-se cobrir a superfície do CD que tem a impressão do fabricante com fita adesiva grossa, fazendo-a aderir muito bem. Recortar, na região mais próxima da borda do CD, um retângulo que tenha dimensões de 3 cm x 2 cm.

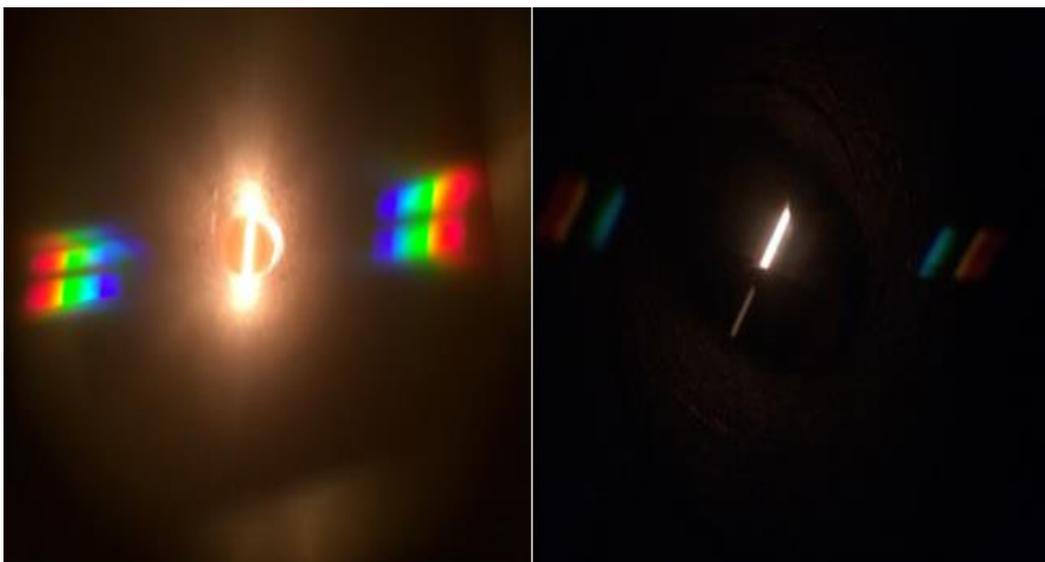
Feitas as aberturas, remove-se cuidadosamente a fita adesiva, usando fita isolante, cola-se o pedaço de CD na parte interna da abertura maior do tudo. A observação deve ser feita na face que contém o pedaço de CD. A Figura 5.24 apresenta o espectrômetro montado, em (a) os materiais utilizados e em (b) o espectrômetro montado e, na Figura 5.25, observa-se algumas imagens feitas com a utilização do espectrômetro.

Figura 5. 24: Espectrômetro: em (a) conjunto de materiais utilizados, em (b) espectrômetro pronto.



Fonte: O autor.

Figura 5. 25: Espectrômetro utilizado nas experiências.

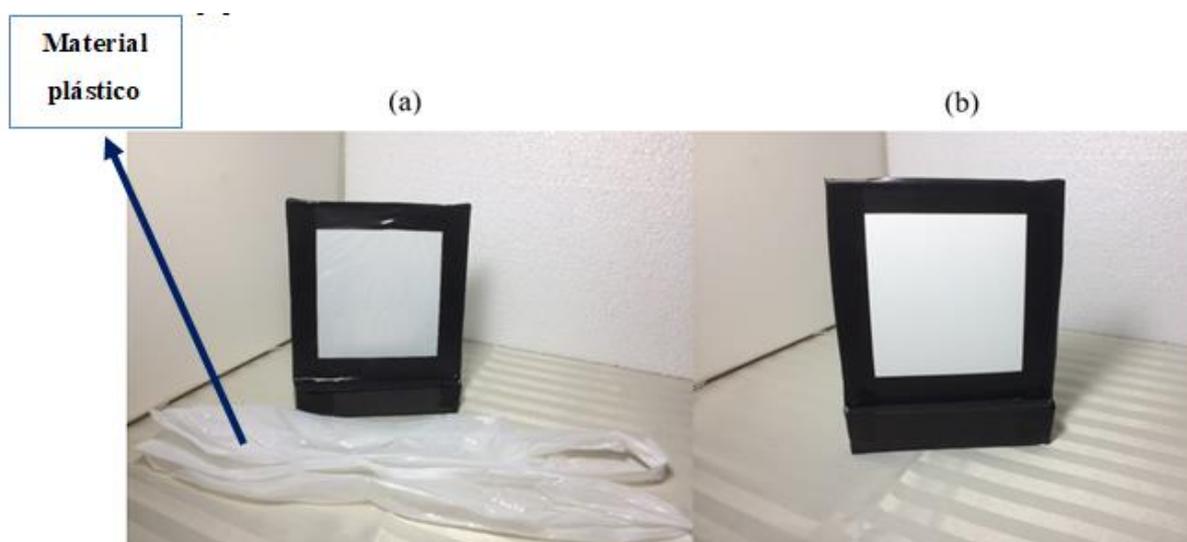


Fonte: O autor.

5.7 CONJUNTO DE MATERIAIS TRANSPARENTE, TRANSLÚCIDO E OPACO.

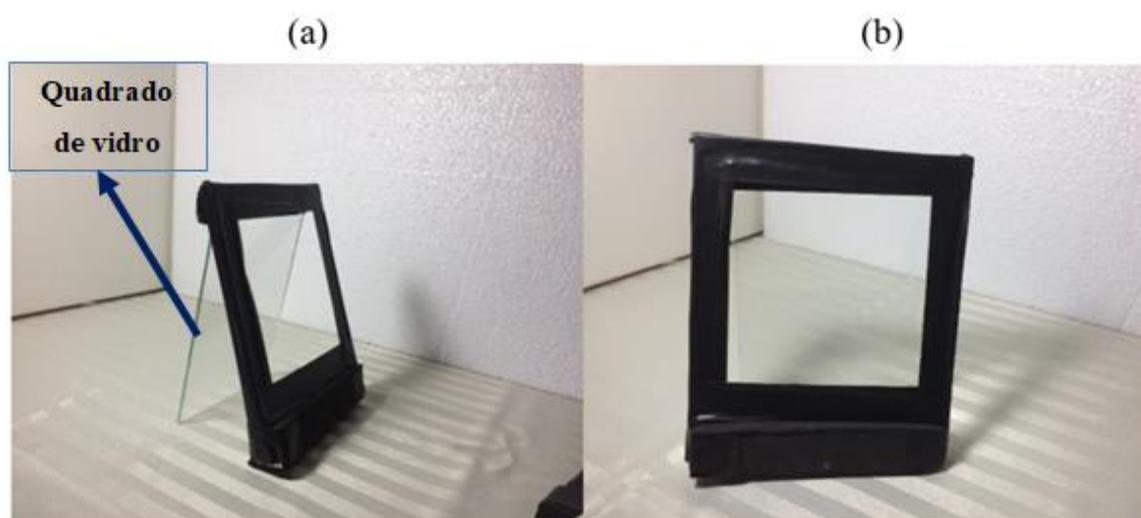
Para a experiência da classificação dos materiais feita na Aula 2 do Momento 1, foi elaborado um conjunto de materiais feitos com capas de CD. Foram utilizados os seguintes materiais: três capas grandes de CD, vidro, material plástico, sacola de compras, papel adesivo tipo contato branco. Na primeira capa corta-se um quadrado de medidas 10 cm x 10 cm da parte central deixando o espaço vazio para ser preenchido com um retângulo de vidro de medidas 10 cm de base por 12 cm de altura colado com fita adesiva. Se retira esse pedaço de material da capa de CD, pois possibilita efeitos de reflexão. A segunda capa de CD grande é revestida com material plástico, sacola de compras, para se comportar como um material translúcido. A terceira capa de CD grande é revestida com papel adesivo tipo contato branco, para se comportar como um material opaco. As laterais das três capas de CD são revestidas por fita isolante, pois o material do CD, possibilita efeitos de reflexão e, são coladas uma base feita com isopor e revestida de EVA preto fosco. Na Figura 5.26 é mostrado a capa de CD montadas, em (a) a capa com material translúcido, em (b) a capa com material opaco e, na Figura 5.27, é observado a capa com material transparente, em (a) vista lateral da capa e em (b) vista frontal da capa.

Figura 5. 26: Conjunto de materiais translúcido e opaco: em (a) capa de CD com material plástico, e em (b) capa de CD com papel adesivo.



Fonte: O autor.

Figura 5. 27: Material transparente: (a) vista lateral mostrando o quadrado de vidro, e em (b) vista frontal.



Fonte: O autor.

5.8 TELA PARA ESTUDO DE TONALIDADE

Para as Aula 12 do Momento 5, é necessário realizar o estudo de tonalidade para se identificar os conceitos de saturação e tonalidade, portanto, foi desenvolvida uma tela pintada

com diferentes graduações da mesma cor, que utilizou dos seguintes materiais: tela para pintura, tinta guache nas cores preto, branco e vermelho e, pincel. Para montar a tela, que possui as dimensões 15 cm x 10 cm, deve-se, primeiramente, marcar três faixas de 5 cm de comprimento, para delimitar a região a ser pintada. A segunda etapa consiste em pintar as três faixas nas cores: vermelho escuro, mistura de vermelho e preto; vermelho, sem mistura; e vermelho claro, vermelho e branco, para observação da mudança de tonalidade na Caixa e no ambiente iluminado pela luz do Sol. Na Figura 5.28, tem-se a tela pintada, observa-se em (a) os materiais utilizados e (b) a tela pintada com as faixas nas três graduações.

Figura 5. 28: Tela para estudo de tonalidade: (a) tela de pintura e potes de tinta guache, e em (b) a tela pintada com as faixas com diferentes tonalidades.



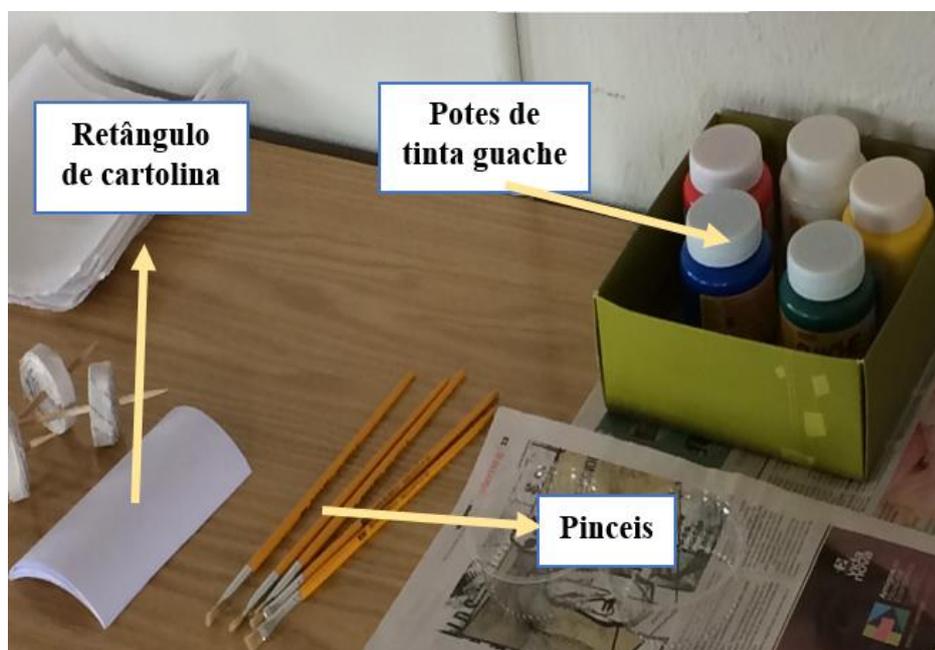
Fonte: O autor.

5.9 CONJUNTO DE MATERIAIS PARA MISTURA E SEPARAÇÃO DAS CORES

No Momento 2 são trabalhados os conceitos de cor-luz e cor-pigmento, o processo de mistura e separação, por isso, foi organizado um conjunto de materiais para desenvolver as experiências relacionadas aos assuntos propostos. O conjunto é formado pelos seguintes materiais: potes de tintas guache nas cores: azul, vermelho, verde e amarelo; pincéis de diferentes tamanhos; retângulos de cartolina para pintar; filtros de papel; canetas coloridas e prisma. O conjunto de tinta, pinceis e cartolina são utilizados para o estudo das cores primárias para o pigmento. No retângulo de cartolina, os alunos devem pintar as cores primárias e secundárias para o pigmento de acordo com o conhecimento sobre o conceito de

cor pigmento primária. Na Figura 5.29 é mostrado conjunto de potes de tinta, pinceis e cartolina.

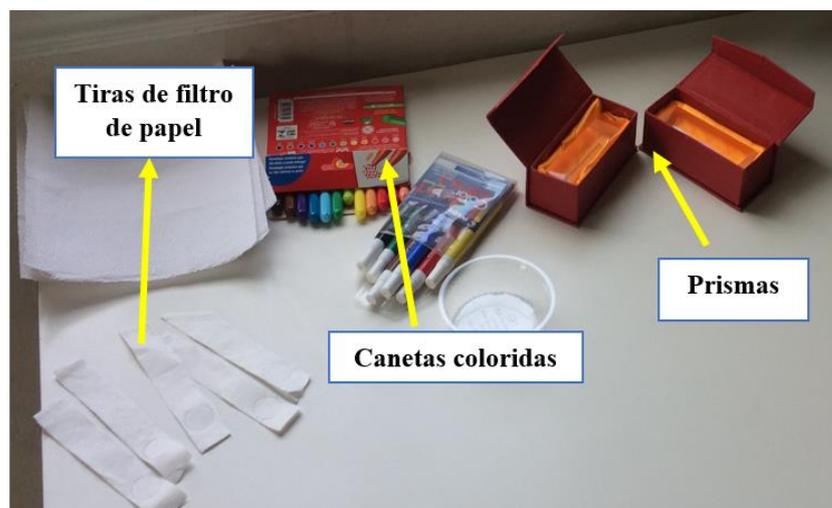
Figura 5. 29: Conjunto de materiais para o estudo da cor-pigmento.



Fonte: O autor.

O conjunto de fitas de filtro de papel, canetas coloridas e prisma são utilizados para a experiência sobre a separação das cores, mostrando que a cor da caneta é formada pela mistura de outras cores. O prisma é para a experiência que mostra a luz branca formada por uma combinação de cores, que são na verdade, uma gama de frequências que vão desde o vermelho até o violeta, chamado espectro do visível. Na Figura 5.30, apresenta o conjunto de filtros de papel, canetas coloridas e prismas.

Figura 5. 30: Conjunto de materiais para o estudo de separação de cores: cor-luz e cor-pigmento.

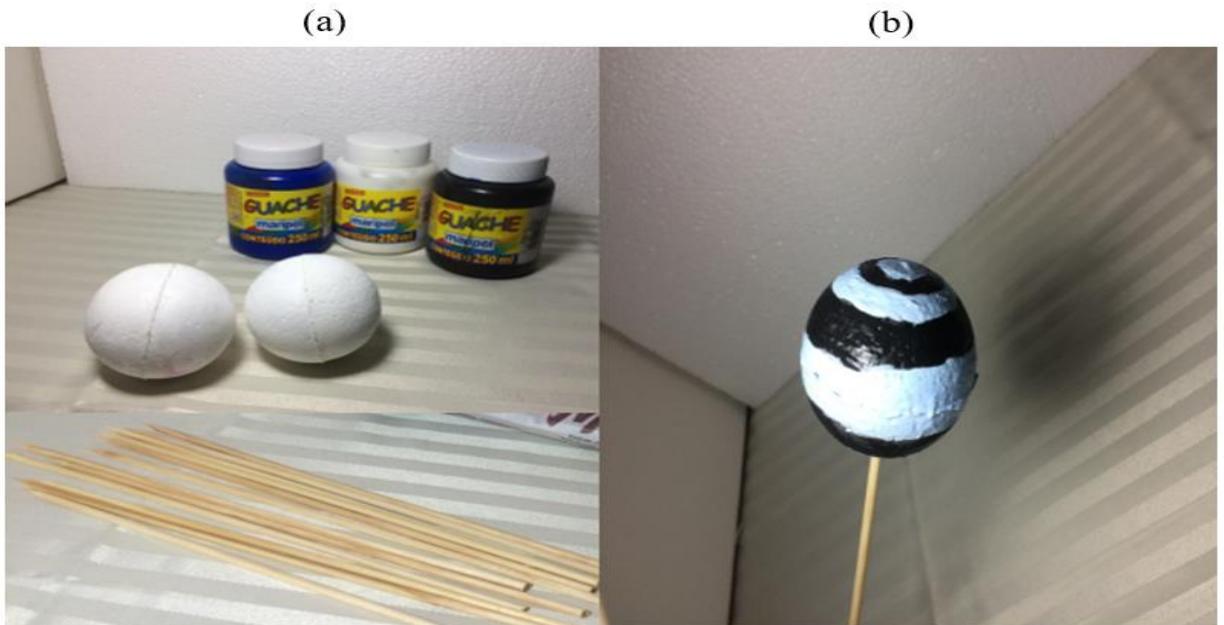


Fonte: O autor.

5.10 ESFERA MODELO (ESFERA)

Para finalizar a Aula 13 do Momento 5, os alunos devem observar uma esfera dentro da Caixa e identificar suas cores., Essa Esfera elaborada para representar a situação do vestido apresentada na Aula 1 do Momento 1, logo ela tem as cores aproximadas do vestido. Para compor a Esfera são necessários os seguintes materiais: esfera de isopor 50 mm, tinta guache nas cores branca, preta e azul, e palito de madeira. A esfera de isopor é pintada com listras específicas nas cores: azul claro, mistura de azul e branco, e preto. A Esfera, depois de seca, deve ser espetada no centro, com o palito de madeira para fazer um apoio e facilitar a observação na Caixa e, assim ser possível realizar identificação dos elementos indispensáveis para a percepção das cores pelo olho humano. A Figura 5.31 apresenta a Esfera, em (a) os materiais utilizados e em (b) a Esfera pronta.

Figura 5. 31: Esfera modelo: (a) materiais utilizados, e em (b) Esfera pronta.



Fonte: O autor.

6. VÍDEOS, SIMULADOR E SLIDES

Nesse capítulo, indicam-se os vídeos utilizados para o processo de investigação realizado na Aula 1 do Momento 1, o simulador usada para investigar o processo de visão das cores nas Aulas do Momento 2, a sequência dos slides com os assuntos abordados no Momento 1: Que cor é?, Momento 3: A visão, Momento 4: Espectro de cores? e Momento 5: Fóton em cores?.

6.1 VÍDEOS PARA O PROCESSO DE INVESTIGAÇÃO

Vídeos para o processo de investigação do fenômeno observado no vestido. São utilizados três vídeos extraídos do Youtube, os quais abordam a relação entre a cor e sua percepção. O primeiro vídeo é “Afiml qual a cor do vestido?” (01:49)²⁵ (Dudu Silva, 2015), o segundo vídeo “A sensação que as cores provocam no ambiente – psicologia das cores.” (02:06)²⁶ (Sou desses, 2016) e o terceiro vídeo “Cor na Publicidade.” (03:10)²⁷ (Mari Arruda, 2011). A Figura 5.32 apresenta imagens dos vídeos utilizados, em (a) Afiml qual a cor do vestido? em (b) A sensação que as cores provocam no ambiente – psicologia das cores e em (c) Cor na Publicidade.

Figura 5. 32: Vídeos para o processo de investigação: (a) Afiml qual a cor do vestido? em (b) A sensação que as cores provocam no ambiente – psicologia das cores, e em (c) Cor na Publicidade.



Fonte: O autor.

²⁵ Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=GDdX7HdKgtU&t=6s//>>. Acesso em: 20 abr. 2017.

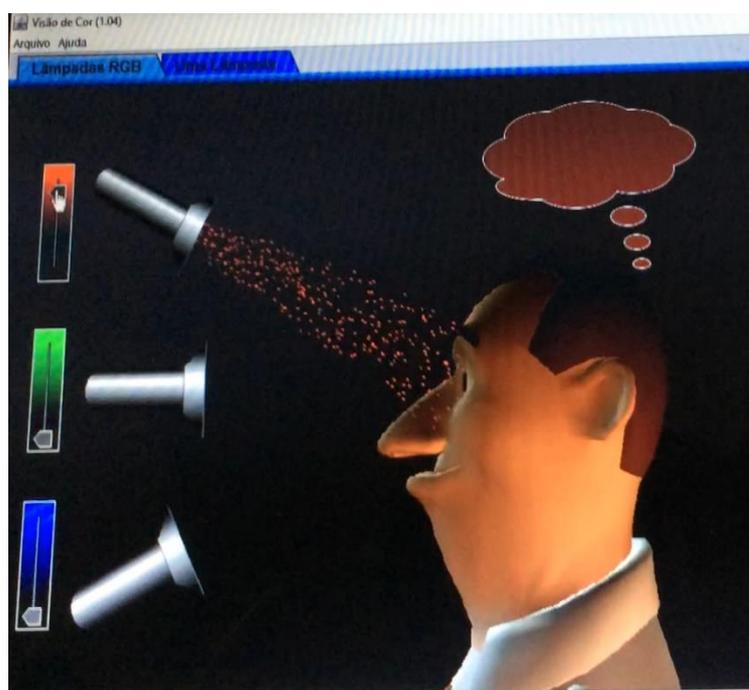
²⁶ Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=sEtg5b_TdyQ>. Acesso em: 20 abr. 2017.

²⁷ Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=Uteluak2cYs>>. Acesso em: 20 abr. 2017.

6.2 SIMULADOR COLOR VISION²⁸

O simulador utilizado nas aulas do Momento 2 apresenta um modelo que mostra a forma como o olho humano interpreta a luz incidente de uma fonte luminosa, a forma como as cores-luz se misturam e o comportamento da luz em relação a sua interação com diferentes filtros de cor. O simulador também apresenta a luz em duas formas, uma como fótons e outra como um feixe contínuo. A Figura 5.33 apresenta uma imagem do simulador usado.

Figura 5. 33: Simulador Color Vision



Fonte: O autor.

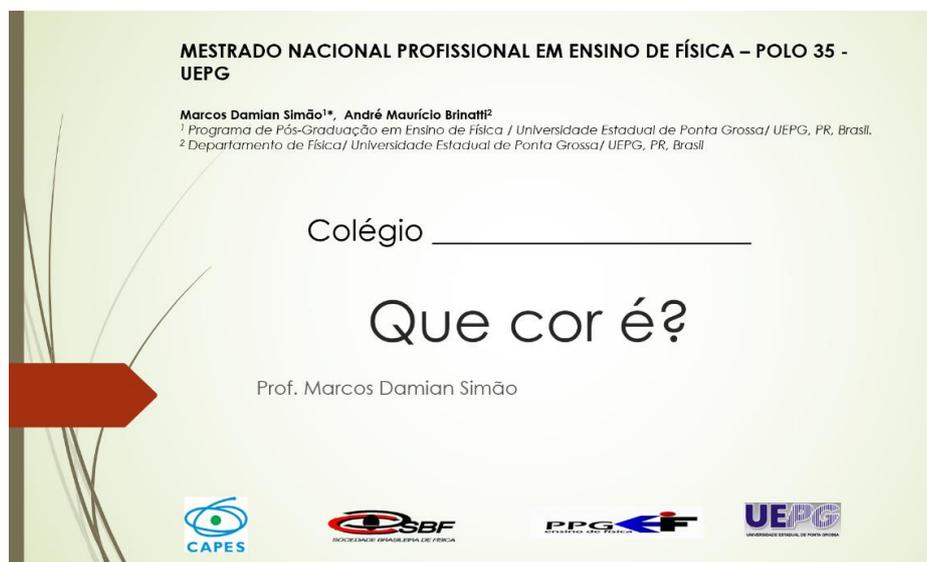
6.3 SLIDES PARA AS AULAS

Os slides foram elaborados com o objetivo de auxiliar nas discussões sobre os conceitos relacionados a cor e sua percepção, e permitir que a aula se torne mais dinâmica. Os slides são produzidos pelo professor autor do referido trabalho e podem ser obtidos entrando

²⁸ Disponível em: < https://phet.colorado.edu/sims/html/color-vision/latest/color-vision_en.html>. Acesso em: 20 abr. 2017.

em contato com o mesmo no endereço eletrônico marcosdamianmds@gmail.com para acesso aos slides. Nas Figuras 5.34, 5.35, 5.36 e 5.37 são apresentados os slides utilizados no Momento 1, Momento 3, Momento 4 e Momento 5.

Figura 5. 34: Momento 1: Que cor é?



Fonte: O autor.

Figura 5. 35: Momento 3: A visão



Fonte: O autor.

Figura 5. 36: Momento 4: Espectro de cores?



Fonte: O autor.

Figura 5. 37: Momento 5: Fóton em cores?



Fonte: O autor.

6.4 TABELA DE CUSTOS

No quadro 1 indica-se os materiais utilizados para a construção dos aparatos experimentais e materiais diversos descritos no Capítulo 5 do Produto.

Tabela 1: Orçamento dos materiais utilizados para construção dos aparatos experimentais e materiais diversos.

Material	Quantidade	Custo aproximado
EVA (preto fosco e diversas cores)	20 folhas	R\$ 39,00
Tinta guache 250 ml	6 potes	R\$ 27,36
Palito de churrasco (pacote com 100)	1 pacote	R\$ 1,95
Bola de isopor 50 mm	4 bolas	R\$ 1,40
Tela para pintura 10x15	4 telas	R\$ 12,40
Pincel chato nº8	8 pinceis	R\$ 23,60
Canetinha 12 cores	1 pacote	R\$ 29,85
Placa de isopor 15 mm	2 placa	R\$ 4,50
Capa de CD pequena	16 capas	R\$ 16,00
Capa de CD grande	12 capas	R\$ 23,88
Capa 75	18 capas	R\$ 64,00
Cano 75	4 metros	R\$ 26,00
Bocal de louça	16 bocais	R\$ 44,80
Parafuso 5/32x1 ½ c/ porca	16 parafusos	R\$ 2,40
Fio revestido 2x1,5	6 metros	R\$ 10,20
Tapume 2,20x1,10	4 placa	R\$ 112,00
Lâmpada 30 w	16 lâmpadas	R\$ 256,00
Tinta vitral	6 potes	R\$ 38,55
Tecido Oxford 1x1,4	5 metros	R\$ 47,80
Bastidor de bordado 23 cm	4 bastidores	R\$ 80,00
Interruptor pera	16 interruptores	R\$ 51,20
Plug macho	16 plugs	R\$ 16,00
Tudo de cola branca grande	1 pote	R\$ 7,00
Custo total		R\$ 935,89

Fonte: O autor.

REFERÊNCIAS

ALVES, M. C. L. **A caixa de cores: o conhecimento dos alunos sobre cores como ponto de partida para o diálogo**. In: CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO – EDUCERE, 12., 2015, Curitiba. Anais eletrônicos. Curitiba: PUC-PR, 2015. Disponível em: <http://educere.bruc.com.br/arquivo/pdf2015/18357_8008.pdf>. Acesso em: 10 out. 2016.

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. 1ª ed. Plátano – edições técnicas. 467- Janeiro de 2003

BRASIL. Base Nacional Comum – BCN, 2015. Disponível em <<http://basenacionalcomum.mec.gov.br/#!/site/inicio>>. Acesso em: 02 jul 2016.

BRASIL, MEC. Secretaria de Educação Básica. **Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais de Educação Básica**. Brasília, 2013. 565p. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=15548-d-c-n-educacao-basica-nova-pdf&Itemid=30192>. Acesso em: 30 abr. 2016.

BRASIL, MEC. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Brasília, 2002. 144p. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>. Acesso em 30 abr. 2016.

BAGNATO, V. S.; PRATAVIEIRA, S. **Luz para o progresso do conhecimento e suporte da vida**. Rev. Bras. Ens. Fís. v. 35, n.2, 2314, 2013.

BÔAS, N. V.; DOCA, R. H.; BISCUOLA, G. J. **Física 2**. 3ª ed. São Paulo: Saraiva, 2016.

CAVALCANTE, M. A.; TAVOLARO, C. R. C. **Uma Caixinha para Estudo de Espectros**. Física na Escola, v. 3, n. 2, 2002.

COELHO, L.; PISONI, S. **Vygotsky: sua teoria e a influência na educação**. e-Ped – FACOS/CNEC Osório, vol. 2 - nº 1 – 2012.

CORTEZE, B. A., et al. **Caixa de cores**. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 16., 2005, Rio de Janeiro. Anais eletrônicos. Rio de Janeiro: CEFET-RJ, 2005. Disponível em: <http://www.cienciamao.usp.br/dados/snef/_caixadecoresbeneditoanto.trabalho.pdf>. Acesso em: 10 out. 2016.

COSTA, G. G. G., et all. **Caixa de cores para o estudo de mistura de luzes coloridas**. Física na Escola, v. 9, n. 2, 2008. Disponível em: <<http://www1.fisica.org.br/fne/phocadownload/Vol09-Num2/a081.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2016.

DA LUZ, A. M. R.; ÁLVARES, B. A.; GUIMARÃES, C. C. **Física: contexto e aplicações**. 2ª ed. São Paulo: Scipione, 2016.

FERREIRA, R. C.; et al. **Contextualizando ondas e cores**. Disponível em: <https://www.ufpe.br/pibid/images/EXPOPIBID_2014/Fisica-CAA/CONTEXTUALIZANDO_ONDAS_E_CORES.pdf> Acesso em: 01 out. 2016.

FEYMANN, R. P.; LEIGHTON, R. B.; SANDS, M. **Lições de Física**. 2ª. ed. Porto Alegre: Bookman, 2008.

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. 49ª. reimpr. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2005.

GASPAR, A. **Compreendendo a Física: Ondas, Óptica e Termodinâmica**. 3ª ed. São Paulo: Ática, 2016.

GASPAR, A. **Compreendendo a Física: Ondas, Óptica e Termodinâmica**. 4ª ed. São Paulo: Ática, 2017.

GERMANO, A. **Oficina de espectroscopia** Disponível em: <http://leg.ufpi.br/subsiteFiles/pibidfisica/arquivos/files/relatorio_oficina_renato_germano_completo.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2017.

GOMES, R. C., et al. **Teorias de aprendizagem: pré - concepções de alunos da área de exatas do ensino superior privado da cidade de São Paulo**. Ciência e Educação, v.16, n.3, p. 695-708, 2010.

GRAF. **Física 2: Física Térmica/Óptica**. 5ª. ed. 3ª. reimpr. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2005.

GUIMARÃES, O.; PIQUEIRA, J. R.; CARRON, W. **Física 2: Física Térmica, Ondas, Óptica**. 2ª ed. São Paulo: Ática, 2016.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física: Eletromagnetismo**. 9ª. ed. Rio de Janeiro: LTC, v. 3, 2014.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física: Óptica e Física Moderna**. 9ª. ed. Rio de Janeiro: LTC, v. 4, 2014.

HEWITT, P. G. **Física Conceitual**. 12ª ed. São Paulo: Bookman, 2015.

LABURÚ, C. E.; ZOMPERO, A. F.; BARROS, M. A. **Vygotsky e múltiplas representações: leituras convergentes para o ensino de ciências**. Cad. Bras. Ens. Fís., v.30, n.1: p. 7-24, abr. 2013.

MARTINI, G.; et al. **Conexões com a Física: Estudo do calor, Óptica geométrica e Fenômenos ondulatórios**. 2ª ed. São Paulo: Moderna, 2013.

MARTINI, G.; et al. **Conexões com a Física: Estudo do calor, Óptica geométrica e Fenômenos ondulatórios**. 3ª ed. São Paulo: Moderna, 2016.

MIRANDA, M. I. **Conceitos centrais da teoria de vygotsky e a prática pedagógica**. Ensino em Re-Vista, 13(1): 7-28, jul.04/jul.05.

MOREIRA, M. A.; MASSONI, N. T. **Noções básicas de epistemologias e teorias de aprendizagem como subsídios para a organização de sequências de ensino-aprendizagem em ciências/física**. Porto Alegre. 1º versão.2016.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa, organizadores prévios, mapas conceituais, diagramas V e unidades de ensino potencialmente significativas**. Porto Alegre, 2013.

MOREIRA, M. A. **Unidades de ensino potencialmente significativas – UEPS**. Original a ser submetido à publicação. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/~moreira/UEPSport.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2016.

MOREIRA, M. A. **Negociação de significados e aprendizagem significativa**. Ensino, Saúde e Ambiente, v.1, n.2, p 2-13, dez.2008.

MOREIRA, M. A., DE SOUZA, C. M. S. G., DA SILVEIRA, F. L. **Organizadores prévios como estratégia de facilitar a aprendizagem significativa**. Cad. Pesq., São Paulo (40): 41-53, fev. 1982.

NETO, J. A. S. P. **Teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel: perguntas e respostas**. Série-Estudos – Periódicos do Mestrado em Educação da UCDB. Campo Grande – MS, n. 21, p. 117-130, jan./jun. 2006. Disponível em: <<http://www.serie-estudos.ucdb.br/index.php/serie-estudos/article/view/296>>. Acesso em: 10 out. 2016.

ONILZA, B. M., ALVINO, M. **Conceito de mediação em Vygotsky, Leontiev e Wertsch**. Revista Intersaberes, vol. 7 n.13, p. 8 - 28 | jan. – jun. 2012.

PARANÁ. **Diretrizes Curriculares da Educação Básica: Física**. 98p. 2008. Disponível em: <<http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=1>>. Acesso em: 30 abr. 2008.

PEDROSA, I. **Da Cor à Cor Inexistente**. 10ª. ed. 3ª. reimpr. Rio de Janeiro: Senac, 2014.

ROSA, C. W.; PEREZ, C. A. S; DRUM, C. **Ensino de física nas séries iniciais: concepção da prática docente**. Investigações em Ensino de Ciências – v.12, p. 357-368, 2007.

SANTOS, L. F.; PEREIRA, C. J. **Composição de cores através da calibração radiométrica e fotométrica de LEDs: Teoria e experimento**. Rev. Bras. Ens. Fís. v. 35, n.2, 2314, 2013.

SILVA, M. F. F. **Esclarecendo o significado de “cor” em física**. Física na Escola, v.8 n.1, 2007.

Simulador color vision. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/sims/html/color-vision/latest/color-vision_en.html>. Acesso em: 20 abr. 2017.

TATIT, A.; MACHADO, M. 300 Propostas de Artes Visuais. São Paulo: Loyola. 2. Ed, 2003.

TAVARES, R. **Aprendizagem significativa**. Rev. PEC, Curitiba, v.2, n.1, p. 37-42, jul. 2001-jul. 2002.

TEZANI, T. C. R. **O jogo e os processos de aprendizagem e desenvolvimento: aspectos cognitivos e afetivos**. Educação em Revista, Marília, 2006, v.7, n.1/2, p. 1-16.

TIPLER, P. A.; LLEWELLYN, R. A. **Física Moderna**. 6ª. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014.

TIPLER, P. A.; MOSCA, G. **Física para cientistas e engenheiros: Eletricidade e Magnetismo, Óptica**. 6ª. ed. Rio de Janeiro: LTC, v. 2, 2015.

TORRES, C. M. A.; et al. **Física Ciência e Tecnologia: Termofísica, Óptica, Ondas**. 4º ed. São Paulo: Moderna, 2016.

YAMAMOTO, K.; FUKU, L. F. **Física para o ensino médio**. vol. 2, 4ª ed. São Paulo: Saraiva, 2016.

Vídeo 1: Afinal qual a cor do vestido? Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=GDdX7HdKgtU&t=6s//>>. Acesso em: 20 abr. 2017.

Vídeo 2: A sensação que as cores provocam no ambiente – psicologia das cores. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=sEtg5b_TdyQ>. Acesso em: 20 abr. 2017.

Vídeo 3: Cor na Publicidade. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=Uteluak2cYs>>. Acesso em: 20 abr. 2017.

SÉRIE
PRODUTOS EDUCACIONAIS EM ENSINO DE FÍSICA

VOLUME 1 – **Automatização de Experimentos de Física Moderna com o Kit Lego NXT Mindstorms**
Wanderley Marcílio Veronez, Gelson Biscaia de Souza, Luiz Américo Alves Pereira,

VOLUME 2 – **O Arduino na Programação de Experiências em Termodinâmica e em Física Moderna**
Marilene Probst Novacoski, Luiz Américo Alves Pereira, Gelson Biscaia de Souza

VOLUME 3 – **Do Magnetismo à Lei da Indução Eletromagnética de Faraday** Marlon Labas, Fábio Augusto Meira Cássaro

VOLUME 4 – **Estudando Astronomia, Aprendendo Física: Atividades Práticas de Observação do Sol**
Ana Caroline Pscheidt, Marcelo Emílio

VOLUME 5 – **Simulador Didático de Acomodação do Olho Humano**
Gustavo Trierveiler Anselmo, Júlio Flemming Neto, Antônio Sérgio Magalhães de Castro

VOLUME 6 – **Ensino dos Conceitos de Movimento e Inércia na Mecânica, a partir de uma Concepção de Ciência que não Utiliza a Lógica Binária**
Luiz Alberto Clabonde, Luiz Antônio Bastos Bernardes, Jeremias Borges da Silva

VOLUME 7 – **Uma Proposta de Utilização de Mídias Sociais no Ensino de Física com Ênfase à Dinâmica de Newton**
Heterson Luiz De Lara, Alexandre Camilo Junior, Jeremias Borges da Silva

VOLUME 8 – **O Eletromagnetismo e a Física Moderna através de Atividades Experimentais**
Ademir Kreпки Henisch, Jeremias Borges da Silva

VOLUME 9 – **Física Nuclear e Sociedade**
Tomo I – **Caderno do Professor**
Tomo II – **Caderno do Aluno**
Josicarlos Peron, André Vitor Chaves de Andrade

VOLUME 10 – **Conceitualização e Simulação na Dinâmica do Movimento**
Tomo I – **Caderno do Professor**
Tomo II – **Caderno do Aluno**
Leandro Antonio dos Santos, Antônio Sérgio Magalhães de Castro

VOLUME 11 – **Montagem de um Painel Didático e Atividades Experimentais em Circuitos de Corrente Contínua**
Renato Dalzotto, Sérgio da Costa Saab, André Maurício Brinatti

VOLUME 12 – **Nas Cordas dos Instrumentos Musicais**
Luís Alexandre Rauch, André Maurício Brinatti, Luiz Fernando Pires

VOLUME 13 – **O Fóton em Foco: Relações entre Cor, Frequência e Energia de Radiações Eletromagnéticas**
Romeu Nunes de Freitas, André Maurício Brinatti, Jeremias Borges da Silva

VOLUME 14 –
Tomo I - **Iniciação em Robótica e Programação com Algumas Aplicações em Física**
Tomo II – **Tutorial: Tela Interativa com Controle do Nintendo Wii**
Hernani Batista da Cruz, Luiz Antônio Bastos Bernardes, Silvio Luiz Rutz da Silva

VOLUME 15 – **O Uso do Software Tracker no Ensino de Física dos Movimentos**
Edenilson Orkiel, Silvio Luiz Rutz da Silva

VOLUME 16 – **Acústica: Uma Nova Melódia de Ensino**
Elano Gustavo Rein, Luiz Antônio Bastos Bernardes

VOLUME 17 – **Caderno de Orientação a Educadores para a Transformação da Horta como Eixo Norteador de Ensino e Aprendizagem**
Roberto Pereira Strapazzon Bastos, Silvio Luiz Rutz da Silva

VOLUME 18 – **Proposta de Unidades de Ensino Potencialmente Significativas para o Ensino de MRU e MRUV Utilizando Experimentos Visuais**
Gustavo Miguel Bittencourt Morski, André Vitor Chaves de Andrade

VOLUME 19 – **Cor à Luz da Física Moderna e Contemporânea**
Marcos Damian Simão, André Maurício Brinatti

VOLUME 20 – **Aplicação do Experimento de Hertz Atualizado no Ensino de Ondas Eletromagnéticas**
Luís Carlos Menezes Almeida Júnior, Luiz Américo Alves Pereira

VOLUME 21 – **Uma Proposta de Aplicação do Ensino de Termodinâmica no Ensino Fundamental I**
Cláudio Cordeiro Messias, Paulo César Facin

VOLUME 22 – **Uma Proposta de Ensino dos Conceitos Fundamentais da Mecânica Quântica no Ensino Médio: Espectroscopia com Lâmpadas**
Evandro Luiz De Queiroz, Antônio Sérgio Magalhães de Castro, Jeremias Borges da Silva

VOLUME 23 – **Produção de um Aparato Experimental para Medição de Campo Magnético Usando Arduino**
Ivonei Almeida, Luiz Américo Alves Pereira

VOLUME 24 – **Um Pouco Sobre a Natureza das Coisas**

Robson Lima Oliveira, André Maurício Brinatti

VOLUME 25 – **Equilibrium: Uma Abordagem Experimental e Contextualizada do Conceito de Equilíbrio dos Corpos**

Osni Daniel De Almeida, André Vitor Chaves de Andrade

VOLUME 26 – **Como Medir a Temperatura do Sol? Inserindo Conceitos de Física Moderna no Ensino Médio**

Vilson Finta, Jeremias Borges da Silva

VOLUME 27 – **Elaboração de um Produto Educacional para a Materialização de Conceitos no Aprendizado de Óptica Geométrica Aplicada às Anomalias da Visão**

Danilo Flügel Lucas, Gérson Kniphoff da Cruz

VOLUME 28 – **Entendendo as Fases da Lua a Partir de um Material Instrucional Baseado no Método de Orientação Indireta**

Pâmela Sofia Krzysynski, Gérson Kniphoff da Cruz

VOLUME 29 – **“PEPPER’S GHOST”: Como Ensinar/Aprender Conceitos de Física Através de uma Simples Ilusão de Óptica**

Tomo I - **Caderno do Professor**

Tomo II - **Caderno do Aluno**

Gilvan Chaves Filho, Luiz Antônio Bastos Bernardes

VOLUME 30 – **O Movimento: do Clássico ao Relativístico**

Josué Duda, André Maurício Brinatti

VOLUME 31 – **Uma Sequência Didática Abordando a Eficiência Energética: Economizando Energia na Cozinha.**

Tomo I - **Caderno de Ensino**

Tomo II - **Caderno de Aprendizagem**

Rosivete Dos Santos Romaniuk, Julio Flemming Neto

VOLUME 32 – **Armazenamento e Produção de Energia Elétrica: Uma Abordagem para seu Estudo no Ensino Médio**

Jairo Rodrigo Corrêa

VOLUME 33 – **Palestras de Astronomia para a Educação Básica**

Sergio Freitas, Silvio Luiz Rutz da Silva

Atribuição-NãoComercial-
Compartilha Igual 4.0 Internacional



MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

UEPG
Universidade Estadual
de Ponta Grossa

PPG  **F**
ensino de física

SÉRIE
Produtos Educacionais em Ensino de Física

UEPG - PROEX