



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA

MARCOS DAMIAN SIMÃO

**COR À LUZ DA FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA: UMA PROPOSTA DE  
ENSINO E APRENDIZAGEM**

PONTA GROSSA

2019

MARCOS DAMIAN SIMÃO

COR À LUZ DA FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA: UMA PROPOSTA DE  
ENSINO E APRENDIZAGEM

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física no Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. André Maurício Brinatti

PONTA GROSSA

2019

Simão, Marcos Damian

S588 Cor à luz da Física moderna e contemporânea: uma proposta de ensino e aprendizagem/Marcos Damian Simão. Ponta Grossa, 2019.

284 f.; il.

Dissertação (Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física - MNPEF), Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Orientador: Prof. Dr. André Maurício Brinatti

1. Caixa de percepções. 2. Cor-luz. 3. Cor-pigmento. I. Brinatti, André Maurício. II. Universidade Estadual de Ponta Grossa – Mestrado Profissional em Ensino de Física. III. T.

CDD: 530.07

**FOLHA DE APROVAÇÃO**

**MARCOS DAMIAN SIMÃO**

**COR À LUZ DA FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA: UMA PROPOSTA  
DE ENSINO E APRENDIZAGEM**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, no curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF), Polo 35, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovado em 22 de março de 2019.

Componentes da Banca Examinadora:



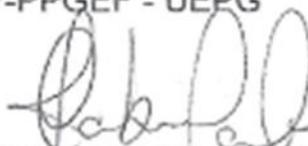
---

**Prof. Dr. André Mauricio Brinatti**  
MNPEF-PPGEF - UEPG



---

**Prof. Dr. André Vitor Chaves de Andrade**  
MNPEF-PPGEF - UEPG



---

**Prof. Dra. Iramaia Jorge Cabral de Paulo**  
MNPEF - UFMT

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Prof. Dr. André Maurício Brinatti, pela orientação em todas as etapas do trabalho, pela paciência nos momentos de dificuldade no desenvolvimento, escrita e correção, pelo incentivo a sempre melhorar, e pela amizade construída durante todo o tempo de trabalho.

À CAPES pelo o apoio financeiro por meio de bolsa concedida.

A minha mãe Ana Meiris, pelos ensinamentos e valores passados durante todo o tempo de estudo, os conselhos e as orações pelo êxito no trabalho.

A minha avó Neuza, pelas contribuições na confecção das capas para observação na caixa de percepções, e as capas para os suportes de lâmpadas.

Ao meu tio e compadre Antônio (em memória), pela ajuda na construção de materiais, dando sugestões e auxiliando na montagem.

Ao senhor Idacil Pereira pela prestação de serviço para montagem da Caixa de Percepções.

Ao meu irmão Diego, proprietário da empresa AS pré-moldados, pela prestação de serviço com a elaboração das plantas da Caixa de Percepções.

A Professora Neiva de Fátima Bueno da Silva, Diretora do Colégio Instituto Cristão situado na cidade de Castro (PR), por consentir na utilização do espaço do colégio para o desenvolvimento das atividades.

A todos os alunos do Colégio Instituto Cristão que participaram da fase de aplicação do Produto.

A todos que contribuíram de forma direta ou indireta para a realização deste trabalho.

## RESUMO

Considerando os desafios para o planejamento de aulas de Física que viabilizem uma aprendizagem com mais significado e possibilitem a inserção de assuntos de Física Moderna e Contemporânea no nível médio da educação básica, desenvolveu-se, neste trabalho, o Produto Educacional intitulado – Cor à Luz da Física Moderna e Contemporânea: uma Proposta de Ensino e Aprendizagem – e sua respectiva análise da aplicação. O Produto foi estruturado na forma de uma unidade didática apresentando: planejamento (plano de unidade e planos de aula); orientações, questionários e registros (com as respostas esperadas para o professor e sem as respostas para o aluno); 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. O referido material contempla um total de seis Momentos, distribuídos em dezesseis aulas, as quais abordam o estudo da cor e sua percepção a partir da investigação de uma situação problema, buscando a participação ativa do aluno, na observação, discussão e elaboração de hipóteses para compreender os conceitos envolvidos na situação apresentada. Todos os Momentos contemplam experiências nas quais os alunos construíram toda a estrutura conceitual para compreender e explicar o fenômeno observado. A unidade didática está fundamentada nas teorias da Aprendizagem Significativa de Ausubel, da Mediação de Vygotsky e da Dialogicidade de Freire como marco referencial teórico. Do ponto de vista da análise da aplicação, pode-se dizer que as experiências e todo o processo possibilitaram maior interação entre professor e alunos, promovendo situações de diálogo, nas quais se constatou a mudança na postura dos alunos para o estudo da Física, notadamente, os alunos demonstraram maior interesse e participação nas aulas, e também indicativos de uma aprendizagem mais efetiva. Desta forma, a proposta apresentada tem grandes perspectivas para a sua plena aplicação, pois apresenta uma organização dinâmica entre teoria e prática, com experimentos diferenciados e versáteis que auxiliaram na evolução do processo de ensino-aprendizagem.

**Palavras-chave:** Caixa de Percepções, Cor-luz, Cor-pigmento.

## ABSTRACT

Considering the challenges faced by teachers in the planning of Physics lessons that promote a more meaningful learning to the students and enable the insertion of Modern and Contemporary Physics topics in high school, this material was developed. It is an Educational Product named – Color in the Light of Modern Physics: a Teaching and Learning Proposal – and the respective analysis of its use was also carried out. The product was devised as a teaching unit containing: planning (unit and lesson plans); instructions; questionnaires and recordings (with the expected answers in the teacher's version, but without answers in the students' version); support texts to the teacher including the concepts of light, color and perception; a handbook with instructions to assemble the experimental apparatus and other materials; videos, simulator and slides. This material is divided into six Moments, distributed into sixteen lessons, which approach the study of color and its perception from the investigation of a problem situation, seeking students' active participation in observation, discussion and elaboration of hypotheses to understand the concepts involved in the situation presented. Each moment includes experiments in which the students could build the whole conceptual framework to understand and explain the phenomenon observed. The teaching unit is based on the Meaningful Learning theories by Ausubel, Vygotsky's Mediation and Freire's Dialogicity. From the standpoint of the analysis of this material use, the experiments and the whole process were seen to create greater interaction between teacher and students, promoting situations of dialogue, in which some change was observed in the students' attitude regarding studying Physics, mainly, students showing greater interest and participation in the lessons as well as indicatives of a more effective learning. Thus, the proposal presented shows high potential for its full application, since it presents a dynamic organization regarding both theory and practice, with different and versatile experiments that helped the evolution of the learning-teaching process.

**Keywords:** Perception Box, Color-light, Color-pigment

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	- Exemplos de fontes luminosas, objeto e a lâmpada: (a) primária e (b) secundária.....	32
Figura 2	- Formação de regiões de sombra: (a) região de sombra mais nítida e (b) menos nítida.....	33
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 .....	34
Figura 4	- Regiões de penumbra, nas áreas maiores da projeção dos triângulos maiores e umbra triângulos menores na base da projeção .....	35
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 .....	35
Figura 6	- Combinações de lâmpadas.....	36
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 .....	37
Figura 8	- Formação de sombras coloridas.....	37
Figura 9	- Superposição das três lâmpadas.....	40
Figura 10	- Espectro eletromagnético.....	40
Figura 11	- Representação do átomo.....	41
Figura 12	- Sistema RGB.....	42
Figura 13	- Sistema CYM .....	43
Figura 14	- Representação do Modelo de Bohr .....	43
Figura 15	- Espectro da lâmpada incandescente .....	47
Figura 16	- Espectro da lâmpada RGB .....	47
Figura 17	- Representação do espectro de absorção do hidrogênio .....	49
Figura 18	- Estrutura do olho humano.....	49
Figura 19	- Curva da radiação da luz solar.....	51

Figura 20	- Luminosidade de uma tela.....	52
Figura 21	- Representação das escalas tonais .....	52
Figura 22	- Imagens do vestido.....	54
Figura 23	- Esquema para compreensão da percepção das cores .....	108
Figura 24	- Composição dos Educandos .....	113
Figura 25	- Composição dos Educandos .....	113
Figura 26	- Composição dos Educandos .....	114
Figura 27	- Composição dos Educandos .....	114

## LISTA DE QUADROS

Quadro 5.1	- Ordem dos grupos para as observações .....	59
Quadro 6.1	- Resposta do questionário da Aula 1 do Momento 1 .....	78
Quadro 6.2	- Resposta do questionário das Aula 2 e Aula 3 do Momento 1 .....	80
Quadro 6.3	- Resposta do questionário de registro das Aulas 4 a 7 do Momento 2..	92
Quadro 6.4	- Resposta do questionário de registro das Aula 8 e Aula 9 do Momento 3 .....	98
Quadro 6.5	- Resposta do questionário de registro das Aula 10 e Aula 11 do Momento 4 .....	103
Quadro 6.6	- Resposta do questionário de registro das Aula 12 e Aula 13 do Momento 5 .....	109

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	11
<b>2 COR E SUA PERCEPÇÃO E O ENSINO DE FÍSICA</b> .....	15
2.1 ENSINO DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA .....	15
2.2 COR E SUA PERCEPÇÃO .....	17
<b>3 ASPECTOS DAS TEORIAS DE APRENDIZAGEM NORTEADORES DA INVESTIGAÇÃO</b> .....	21
3.1 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE AUSUBEL.....	21
3.2 TEORIA DA MEDIAÇÃO DE VYGOTSKY .....	23
3.3 TEORIA DA DIALOGICIDADE DE FREIRE .....	24
<b>4 LUZ COR E PERCEPÇÃO</b> .....	28
4.1 A LUZ.....	28
4.1.1 Alguns Aspectos Gerais.....	28
4.1.2 Óptica Geométrica e o Princípio da Propagação da Luz .....	31
<b>5 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>53</b>
5.1 O PRODUTO: COR À LUZ DA FÍSICA MODERNA .....	53
5.2 DESCRIÇÃO DOS MOMENTOS DE ENSINO .....	57
5.3 INVESTIGAÇÃO DA APRENDIZAGEM .....	66
5.4 INVESTIGAÇÃO DO MÉTODO DE ENSINO.....	67
5.5 MÉTODO DE ANÁLISE DE DADOS.....	68
5.6 CARACTERIZAÇÃO DO CAMPO DE APLICAÇÃO.....	69
5.7 CARTA DE APRESENTAÇÃO, DADOS CADASTRAIS E TERMO DE AUTORIZAÇÃO .....	69
<b>6 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	73
6.1 ANÁLISE DO MOMENTO 1 .....	73
6.2 ANÁLISE DO MOMENTO 2.....	88
6.3 ANÁLISE DO MOMENTO 3.....	95
6.4 ANÁLISE DO MOMENTO 4.....	101
6.5 ANÁLISE DO MOMENTO 5.....	104
6.6 ANÁLISE DO MOMENTO 6.....	111
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS</b> .....	119
<b>REFERENCIAS</b> .....	<b>125</b>

<b>APÊNDICE A- COR À LUZ DA FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA.....</b>	<b>128</b>
---	------------

## 1 INTRODUÇÃO

### Aquarela

Numa folha qualquer  
Eu desenho um sol amarelo  
E com cinco ou seis retas  
É fácil fazer um castelo  
Corro o lápis em torno da mão  
E me dou uma luva  
E se faço chover, com dois riscos  
Tenho um guarda-chuva  
Se um pinguinho de tinta  
Cai num pedacinho azul do papel  
Num instante imagino  
Uma linda gaivota a voar no céu (TOQUINHO, 1983).

A música popular brasileira é uma das riquezas de nossa cultura, há uma vasta lista de grandes composições conhecidas no país e no mundo. Uma dessas composições é a música Aquarela de autoria de Toquinho e Maurizio Fabrizio, onde se vê um grande e belo exemplo dessa riqueza, visto que a letra traz uma ingenuidade infantil e desperta emoção desde os primeiros versos. É interessante citar um trecho dessa composição, pois possibilita a problematização nas aulas de Física, uma vez que apresenta um conceito que as vezes não é explorado com o devido cuidado. Na letra da música, afirma-se que é possível pintar em qualquer folha um sol amarelo, ou ainda, que uma gota de tinta no pedaço azul do papel pode se imaginar uma linda gaivota. Logo surge a inquietação de como podemos afirmar que a cor de um sol é amarela, ou que o pedaço de papel é azul como o céu?

O conceito de cor não se discute apenas na disciplina de Arte, em Física existe a necessidade de abordar o assunto, não apenas no sentido de definir o conceito de cor, mas compreender como é o processo de sua percepção. Num levantamento feito em documentos oficiais constatou-se a importância da discussão de tais conceitos, 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 aos 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 tem 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 Estudais do Paraná (DCEBPR) (PARANÁ, 2008), o conceito de cor e sua percepção devem ser tratados no conteúdo estruturante eletromagnetismo.

Na esfera da pesquisa em Ensino de Física, há diferentes trabalhos com diferentes enfoques sobre o conceito de cor e sua percepção. No entanto, destaca-se aqui os seguintes trabalhos: Martins e Silva (1996), Gircoreano e Pacca (2001), da Silva (2007), Costa et al. (2008), Camargo et al. (2009), Dietrich et. al. (2011), Favretto (2014), Scarinci e Marineli (2014), Alves (2015). Estes mais relacionados ao propósito da pesquisa e que serão mais bem detalhados, em momento oportuno, isto é, no próximo capítulo. No entanto, adianta-se aqui que destes trabalhos, observa-se a riqueza, e o grande potencial dos conceitos de cor e sua percepção para o Ensino de Física, porém, apesar de existirem trabalhos como os citados, constata-se que as aulas de Física, em geral, não trazem uma abordagem diferenciada para que ocorra uma aprendizagem com significado para os alunos. Fatos estes, que serão, sucintamente, comentados na sequência.

Diante do que foi apresentado até aqui 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, tais como: a organização curricular que discute conceitos de Física Moderna e Contemporânea apenas no final do terceiro ano do Ensino Médio; a carga horária semanal da disciplina, que dificulta o desenvolvimento de aulas de Física Moderna e Contemporânea; a organização de atividades experimentais que possibilitem a discussão de tais conceitos; o desinteresse dos alunos pela disciplina, pelo motivo de apresentar muitas vezes, discussões com caráter matemático, sem a contextualização dos conceitos estudados. Porém, por outro lado, tendo claro a existência de uma curiosidade natural dos alunos 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 Produto Educacional para o Ensino de Física – Cor à Luz da Física Moderna e Contemporânea: uma Proposta de Ensino e Aprendizagem (APENDICE).

O Produto Educacional para o Ensino de Física foi organizado na forma de uma unidade didática e constituído de: 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. Criou-se o mesmo para o Ensino de Física, de modo a possibilitar

a discussão, a observação e a análise de conceitos de Física Clássica, Moderna e Contemporânea, permeando os campos da teoria e prática. A dialogicidade de Freire, a aprendizagem significativa de Ausubel e a mediação de Vygotsky foram as teorias de ensino-aprendizagem que conceberam o marco teórico da referida sequência de aulas. Na organização e desenvolvimento do material foram elaboradas aulas que empregavam o uso atividades experimentais, na perspectiva de sala multiambiente, atividades em equipe, assembleias, promovendo a interação e o diálogo entre os alunos, estas contribuindo para o processo de ensino-aprendizagem. As atividades, norteadas por experimentação, foram voltadas para a discussão dos conceitos de cor e sua percepção. O referido produto foi aplicado em um colégio da rede particular o município de Castro – PR, no formato de oficinas no contraturno do período de aula, com alunos dos três anos do Ensino Médio.

Em virtude da criação, elaboração e da aplicação do referido Produto Educacional para o Ensino de Física, apresenta-se, nesta dissertação, todo o trabalho desenvolvido e respectiva análise, norteadas pelos objetivos elencados na sequência.

#### **Objetivos Gerais:**

- Elaborar um Produto Educacional composto por uma sequência didática de aulas que empregavam o uso atividades experimentais – experimentos e equipamentos, na perspectiva de sala multiambiente, atividades em equipe e assembleias;
- Elaborar um material de apoio ao professor para a investigação do conceito de cor e sua percepção como meio de abordar Física Moderna na Educação Básica;
- Analisar a aplicabilidade do referido Produto, este estruturado e organizado em forma de uma unidade didática para o ensino de conceito de cor e sua percepção, com vistas a aprendizagem significativa;
- Oferecer uma nova proposta para a inserção de temas de Física Moderna e Contemporânea, para o ensino de cor e sua percepção, em uma perspectiva da interação social
- Permitir aos alunos o ensino diferenciado de conceito de cor e sua percepção, em uma perspectiva de interação social;
- Contribuir para a inserção do ensino de temas de Física Moderna e Contemporânea de forma contextualizada a partir do conceito de cor e sua percepção na Educação Básica.

#### **Objetivos Específicos:**

- Propor aulas de Física com uma perspectiva de sala multiambiente para o ensino de cor e sua percepção;

- Elaborar aulas de Física que contextualizem os conceitos de cor e sua percepção com o uso de situações problema.
- Identificar indícios de aprendizagem significativa dos alunos acerca do conceito de cor e sua percepção no desenvolvimento das atividades do referido Produto Educacional para o Ensino de Física, por meio de registro do educador e educandos, e assembleias durante as aulas.

Portanto, a presente dissertação traz apontamentos gerais, análise e considerações referentes a aplicação do referido Produto.

## 2 COR E SUA PERCEPÇÃO E O ENSINO DE FÍSICA

Neste capítulo, apresenta-se um panorama do ensino da Física Moderna e Contemporânea (FMC) em relação à formação inicial de professores e sua inserção efetiva na Educação Básica, uma vez que está prevista por documentos norteadores oficiais, e se faz um breve levantamento bibliográfico referentes ao estudo de cor e sua percepção nas aulas de Física no Ensino Médio.

### 2.1 ENSINO DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA

Nos PCNEM (BRASIL, 2002), elencam-se alguns aspectos importantes para o estudo da FMC, como a constituição da matéria, diferentes e novos materiais, cristais líquidos e lasers presentes nos utensílios tecnológicos, o desenvolvimento da eletrônica, dos circuitos integrados e dos microprocessadores. A compreensão dos modelos para a constituição da matéria deve, ainda, incluir as interações no núcleo dos átomos e os modelos que a ciência hoje propõe para um mundo povoado de partículas. Mas será também indispensável ir mais além, aprendendo a identificar, lidar e reconhecer as radiações e seus diferentes usos.

Nos pressupostos da BNCC (BRASIL, 2017), o ensino da FMC estão incorporados nos temas Eletromagnetismo em Sistemas e Processos Naturais e Tecnológicos, Comunicação e Informação em Sistemas e Processos Naturais e Tecnológicos e Matéria e Radiação em Sistemas e Processos Naturais e Tecnológicos, nos quais apresentam-se as discussões sobre a utilização de semicondutores e laser, os processos de informação e comunicação pelo registro e processamento de dados, como também a utilização de radiações para tratamento médicos e produção de energia por processos nucleares.

Para introduzir conceitos de Física Moderna e Contemporânea nas aulas de Física, primeiramente deve-se trazer o caráter temporal e identificar qual o período da história advém os termos, Moderna e Contemporânea. No trabalho de Ostermann e Ricci (2002), apresenta-se uma divisão na Física, na qual considera-se a Física Clássica até o final do século XIX, a Física Moderna o final do século XIX até a década de 40 do século XX e, Contemporânea a partir da década de 40 em diante. No desenvolvimento deste trabalho será considerada essa divisão cronológica para justificar os conceitos a serem abordados nas discussões que se seguem.

Castro et al. (2014) realizaram um levantamento das principais dificuldades apresentados pelos alunos do Ensino Médio no que condiz ao Ensino de Física. Dentre os

resultados do trabalhos constatou-se que o Ensino de Física no Ensino Médio sofre com diversas dificuldades entre elas a falta de motivação dos alunos e, ainda, a Física é vista como uma disciplina escolar pouco atraente para boa parte dos alunos, uma vez que o ensino de Física é ministrado por meio das tradicionais aulas expositivas que contemplam apenas a memorização de equações e resolução de exercícios.

No contexto envolvendo o ensino de FMC, Gil Pérez et al. (1987) consideraram que esta abordagem favorece uma visão mais harmônica de toda a Física e propiciaria uma visão mais coerente do trabalho científico.

Terrazzan (1992), discute a necessidade de se atualizar o currículo de Física devido a influência crescente dos conteúdos contemporâneos para compreensão do mundo, bem como a necessidade de formar um cidadão consciente e atuante no mundo.

O trabalho de Monteiro, Nardi e Filho (2009) teve por objetivo avaliar a proposta de introdução de FMC no nível médio da Educação Básica. A pesquisa partir do pressuposto de que os professores atribuem, às vezes de forma subconsciente, que a teoria da FMC é incompreensível. Os referidos autores analisaram o discurso de cinco professores de Física de um município da região Nordeste, buscando compreender as possibilidades desses professores introduzirem a FMC nas aulas de Física, e como essas possibilidades estão associadas as suas formações profissionais.

Junior e Cruz (2009) apresentaram em seu trabalho uma discussão sobre as perspectivas de licenciandos em Física no que diz respeito à introdução de tópicos de FMC no Ensino Médio, debatendo a formação inicial desses licenciandos com a realidade escolar vivida por eles no período de estágio e/ou como docentes. Os resultados do trabalho de Junior e Cruz (2009) sugerem uma maior discussão sobre a inserção de FMC no Ensino Médio, especialmente na formação inicial no contexto da transposição de conteúdos e metodologias do Ensino Superior para a escola básica.

No trabalho de Moreira (2014), apresentaram-se os desafios para o Ensino de Física na educação contemporânea, a vista da falta e/ou despreparo dos professores, das precárias condições de trabalho em que estão imersos, o número reduzido de aulas no Ensino Médio e da progressiva perda de identidade da Física no currículo nesse nível e que, atualmente, o ensino da Física estimula a aprendizagem mecânica de conteúdos desatualizados.

Costa e Barros (2015) realizaram uma retrospectiva do Ensino de Física no país, ressaltando aspectos da didática da Física e problemas no Ensino de Física no século XXI. Os autores chamaram a atenção aos desafios que permaneceram ao longo do tempo, como a oferta de um ensino mais contemporâneo, a inclusão de pessoas com necessidades especiais

no ensino regular, a necessidade da formação de mais e melhores quadros para a pesquisa e para o magistério superior.

Moreira e Ostermann (2001) realizaram uma revisão da literatura sobre a linha de pesquisa FMC a no Ensino Médio. Os trabalhos encontrados foram divididos em seis grandes temas, sendo eles: justificativas para a inserção de FMC no ensino médio; questões metodológicas, epistemológicas, históricas referentes ao ensino de FMC; estratégias de ensino e currículos; concepções alternativas dos estudantes acerca de tópicos de FMC; temas de FMC apresentados como divulgação ou como bibliografia de consulta para professores de nível médio; propostas testadas em sala de aula com apresentação de resultados de aprendizagem; livros didáticos de nível médio que inserem temas de FMC.

No trabalho de Pereira e Ostermann (2009), apresentou-se uma revisão da literatura sobre o ensino de FMC nas principais revistas de ensino de ciências do Brasil e do exterior no período de 2001 a 2006. Os trabalhos foram divididos em quatro categorias: propostas didáticas testadas em sala de aula, levantamento de concepções, bibliografia de consulta para professores, análise curricular. Os autores constaram que houve um aumento notável nas publicações sobre o ensino de FMC, porém ressaltam que apesar de haver um número considerável de trabalhos envolvendo propostas didáticas inovadoras, são poucos os trabalhos que investigam o processo de construção de conhecimentos relativos aos temas de FMC.

No trabalho de Loch e Garcia (2009), apresentou-se um levantamento da produção acadêmica, artigos e dissertações, que tinham como proposta a inserção de FMC nas aulas de Física do Ensino Médio. O trabalho foi voltado para o levantamento dos temas de FMC discutidos e a metodologia empregada para a efetiva discussões de tais temas.

D'Agostin (2008) investigou como os professores de Física da rede pública de ensino do estado do Paraná atendem às solicitações dos documentos oficiais de inserir conteúdos de FMC no Ensino Médio. Nos resultados do trabalho foi identificado que os professores se sentem inseguros para ensinar temas de FMC por não terem conhecimento suficiente sobre a temática, isto é, devido a formação inadequada tanto nos cursos de licenciatura quanto nos momentos de formação continuada.

## 2.2 COR E SUA PERCEPÇÃO

No âmbito de ensino, o estudo do conceito de cor e sua percepção alinha-se com a proposta 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 aos questionamentos dos alunos perante a sua realidade social, cultural, científica e tecnológica.

Na organização curricular da 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, no qual o conhecimento conceitual é o espectro eletromagnético, onde se identifica a região chamada de espectro visível, diferenciando suas cores com relação à frequência da radiação e se classificam as cores primárias para a luz no processo de percepção das mesmas.

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, no sentido de associar as características de obtenção de imagens a propriedades físicas da luz para explicar, reproduzir, variar ou controlar a qualidade das imagens produzidas, e Matéria e Radiação, com o enfoque na compreensão dos processos de interação das radiações com meios materiais para explicar os fenômenos envolvidos em, por exemplo, fotocélulas, emissão e transmissão de luz.

Pela proposta nas Diretrizes Curriculares Estaduais do Paraná (DCEBPR) (PARANÁ, 2008), a discussão do conceito de cor e sua percepção, está intrínseca no conteúdo estruturante eletromagnetismo, no assunto, a natureza da luz e suas propriedades, destaque para a necessidade de associar fenômenos relacionados à luz como a formação do arco íris, a percepção das cores, a cor do céu dentre outros. Vale ressaltar que as DCEBPR (PARANÁ, 2008) destinam-se a construir a grade curricular de Física, centrada em conteúdos e metodologias adequadas para levar os estudantes à reflexão de forma crítica sobre o conhecimento científico, para entender os fenômenos da natureza, com o comprometimento e envolvimento nos aspectos sociais, políticos, econômicos e culturais.

Realizou-se, também, um levantamento nos livros didáticos mais utilizados nas aulas de Física do Ensino Médio nas redes pública e privada da região, tomando como base a própria prática docente no Ensino Médio, com o objetivo de elencar o enfoque apresentado o estudo dos conceitos de cor e sua percepção. Os livros analisados foram Martini et. al. (2013), Bôas, Doca e Biscuola (2016), Guimarães, Piqueira e Carron (2016), Martini et. al. (2016), Torres et. al. (2016), Yamamoto e Fuke (2016), Da Luz, Álvares e Guimarães (2017), Gaspar (2016; 2017). Por este levantamento, constatou-se a discussão dos conceitos de cor e sua percepção em diferentes temas da Física. Alguns livros abordam apenas a discussão do conceito de cor na óptica geométrica, considerando o fenômeno devido a reflexão da luz

incidente sobre um objeto. Outros livros apresentam o assunto quando se discute o conceito de ondas eletromagnéticas, porque, neste tema, se identifica o espectro visível e o processo de sua interação com o olho.

No domínio da pesquisa em Ensino de Física, observa-se uma gama de diferentes abordagens no que se refere à discussão de cor e sua percepção.

Martins e Silva (1996) consideraram o primeiro trabalho de Newton sobre a natureza da luz branca e das cores, ressaltando que as ideias de Newton, na época, tiveram grande repercussão na comunidade científica, além de evidenciarem que a explicação da hipótese para a composição da luz branca ter uma certa complexidade que não se apresenta nos livros texto e didáticos.

Gircoreano e Pacca (2001) organizaram um curso para promover o ensino de óptica geométrica, considerando as concepções espontâneas dos alunos sobre luz e visão. Durante o curso, foram analisadas as expressões dos alunos, suas ideias de senso comum sobre o conceito de luz e visão. Os autores destacaram que algumas atividades foram desenvolvidas com o objetivo proporcionar aos alunos oportunidades de confrontarem as suas ideias com a situações práticas e, assim promover um cenário para construção de conceitos científicos.

Da Silva (2007) apresenta uma discussão sobre o significado da cor em Física, para tal feito aborda a forma de compreender o conceito da cor por meio da análise do seu comprimento de onda ou de sua frequência. São apresentadas situações para mostrar o equívoco ao se analisar a sensação da cor pelo seu comprimento de onda, o qual pode se modificar pelo fenômeno de refração, e, assim, poderia alterar a cor observada por um indivíduo. Na sequência do trabalho, o foco é o uso da frequência como característica para diferenciar as cores, pelo fato desta não alterar seu valor quando a luz passar de um meio para o outro.

Costa et al. (2008) realizaram uma montagem experimental de uma caixa de cores de baixo custo para demonstração da superposição de cores. O trabalho traz a discussão de percepção das cores pelo humano, a descrição do processo de composição das cores aditivas e subtrativas e também o procedimento de montagem da caixa de cores.

Camargo et al. (2009) desenvolveram diferentes abordagens para fenômenos relacionados à propagação da luz, com o foco na composição da luz branca. O trabalho foi desenvolvido com atividades multissensoriais, abordando o disco de Newton e as percepções sensoriais.

Dietrich et al. (2011) propuseram atividades em grupo, com alunos do Ensino Médio, para a discussão de conceitos de óptica, luz e cor, por meio de uma ação participativa,

buscando a interação social e o desenvolvimento de competências e habilidades. Primeiramente, buscou-se as concepções intuitivas dos alunos e posteriormente foram desenvolvidas atividades práticas para que os alunos confrontassem suas conclusões com os conhecimentos que possuíam.

Favretto (2014) desenvolveu uma proposta de ensino de luz e cores para alunos do quarto ano do Ensino Fundamental da Educação Básica. O trabalho teve início com questionamentos relacionados ao processo de visão colorida e, depois de coletadas as informações sobre as concepções prévias dos alunos, foram desenvolvidas atividades experimentais para se discutir conceitos de óptica relacionados ao conceito de luz e cor.

Scarinci e Marineli (2014) explicaram as causas da cor utilizando a luz como onda eletromagnética (eletromagnetismo clássico) e o modelo de osciladores moleculares e eletrônicos (modelo de Drude-Lorentz). Por fim, discutiram o modelo quântico para luz com o objetivo de ampliar o entendimento de algumas causas da cor.

Alves (2015) fez um relato de atividade baseada na construção de uma situação de diálogo entre professor e estudantes a partir das suas concepções de senso comum a respeito da formação e visão das cores. A atividade se desenvolveu por meio da observação de um experimento chamado “caixa das cores”. Os resultados do trabalho revelaram a dificuldade que os alunos apresentam para expressar suas ideias e a necessidade de o professor estimular e provocar o pensar acerca de um fenômeno.

### **3 ASPECTOS DAS TEORIAS DE APRENDIZAGEM NORTEADORES DA INVESTIGAÇÃO**

Neste capítulo, apresentam-se aspectos relevantes às teorias da aprendizagem significativa de Ausubel, da dialogicidade de Freire e da mediação de Vygotsky, que são os conceitos norteadores da organização, aplicação, observação e avaliação do Produto.

#### **3.1 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE AUSUBEL**

O processo da aprendizagem significativa tem sua essência no fato de que novas ideias expressas de forma simbólica se relacionam com o que o aprendiz já sabe, de maneira não arbitrária e não literal, e o resultado dessa interação ativa e integradora, é aquisição de um novo significado (AUSUBEL, 2003).

A aprendizagem torna-se mais significativa conforme o novo conceito é integrado às estruturas de conhecimento do aluno e adquire significado para ele a partir da interação com seu conhecimento prévio (PELIZZARI et. al., 2002). Para que ocorra a aprendizagem significativa duas condições são necessárias. A primeira está na disposição que o aluno deve ter para aprender, se a intenção for apenas de memorização, de forma arbitrária e literal, a aprendizagem torna-se mecânica. A segunda condição está no conceito a ser estudado dentro conteúdo escolar, que deve ser potencialmente significativo, apresentando um significado lógico que depende da natureza do conteúdo, e um significado psicológico que se relaciona à experiência que o indivíduo traz (PELIZZARI et. al., 2002).

Ausubel não apresenta uma distinção entre aprendizagem significativa e aprendizagem mecânica como sendo uma separação, mas há sim um contínuo. Logo, trata-se de se considerar a aprendizagem mecânica possível e necessária até o momento que o educando tenha condições de aprender com significado (DE PAULO; DE SOUZA, 2011).

Um conceito importante dentro da teoria de Ausubel é o subsunçor, este representa a ideia, um conceito, uma proposição, existente na estrutura cognitiva do aprendiz, que servirá como “âncora” da nova informação de tal maneira que esta adquira significado para o aprendiz (MOREIRA, 1999). É importante ressaltar que o subsunçor concerne ao conhecimento prévio especificamente relevante para a informação nova, o qual interagindo com ela promove aprendizagem significativa do novo conhecimento (DE PAULO; DE SOUZA, 2011). Nesse processo de aprendizagem significativa, os subsunçores, podem se modificar, se tornar mais elaborado, aumentar sua estabilidade cognitiva, ampliando a forma

de compreender o conceito estudado pelo educando (MOREIRA, 2013). Para uma aprendizagem significativa, na concepção da teoria de Ausubel, o professor deve se envolver em quatro tarefas fundamentais. A primeira é identificar a estrutura conceitual e proposicional do conteúdo a ser ensinado, organizando os conceitos e princípios em uma escala hierárquica. A segunda tarefa está no processo de identificar os subsunçores mais relevantes para a aprendizagem do assunto e que o educando deveria ter na sua estrutura cognitiva para possibilitar a aprendizagem com significado. Como terceira tarefa o professor precisa identificar dentre os subsunçores relevantes, quais existem na estrutura cognitiva do educando. A quarta e última tarefa do professor é ensinar com o auxílio de recursos e princípios, que facilitem o processo de compreensão da estrutura do conteúdo pelo educando e organização da sua própria estrutura cognitiva na área de conhecimento em questão, para a obtenção de significados claros, estáveis e transferíveis (OSTERMANN; CAVALCANTI, 2010).

Durante o desenvolvimento dessas tarefas o professor pode organizar o material da aprendizagem que exige a existência de conceitos, proposições e ideias na estrutura cognitiva do educando que ele ainda não desenvolveu, ou seja, o aluno pode não possuir os subsunçores adequados para esse material de aprendizagem. Nessa condição, o professor deve usar de organizadores prévios, que são materiais introdutórios num grau maior de abstração, generalidade e inclusividade, com a capacidade de servir de ancoradouro entre o novo conhecimento e o conhecimento existente na estrutura cognitiva do educando (MOREIRA; DE SOUZA; DA SILVEIRA, 1982). Quando material de aprendizagem não é relativamente familiar ao aluno, deve-se utilizar um organizador prévio para fornecer a ideia, proposições ou conceitos que venham a se tornar subsunçores relevantes ao material de aprendizagem. Esses subsunçores mantêm uma relação superordenada com o material de aprendizagem e, portanto, servem de ancoradouro ideacional em relação ao que já é familiar ao aluno (MOREIRA; DE SOUZA; DA SILVEIRA, 1982; MOREIRA, 2012). Para o caso de o material de aprendizagem ser familiar, um organizador comparativo deve ser utilizado para agregar novas ideias com conceitos essencialmente familiares que existem na estrutura cognitiva e para distinguir as novas ideias das existentes previamente (MOREIRA; DE SOUZA; DA SILVEIRA, 1982; MOREIRA, 2012).

### 3.2 TEORIA DA MEDIAÇÃO DE VYGOTSKY

Na teoria cognitivista de Vygotsky, a aprendizagem ocorre por meio da interação social entre o sujeito, o objeto, e outros sujeitos. A cultura é elemento de construção da estrutura cognitiva, o desenvolvimento mental não é passível e independente, mas entrelaçado ao desenvolvimento histórico e social do indivíduo (COELHO, 2012).

Um conceito importante para entender a teoria de Vygotsky é o significado da Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP), esta região delimita a distância entre o desenvolvimento real e o desenvolvimento potencial. Entende-se por desenvolvimento real, o conhecimento anteriormente estabelecido pelo indivíduo, isto é, aquele que lhe permite desenvolver atividades individuais sem auxílio algum. O desenvolvimento potencial, refere-se ao conhecimento que o indivíduo é capaz de realizar com outros (MOREIRA, 2016). Vygotsky considera que esse conjunto de capacidades do indivíduo, que caracteriza o nível de desenvolvimento real, não revela a totalidade do potencial de desenvolvimento, pois não traz informações sobre as potencialidades (MIRANDA, 2005). Na teoria de vygotskiana se faz necessário conhecer o nível de desenvolvimento potencial, que configura a capacidade de realizar tarefas sobre a mediação de outro indivíduo mais experiente. Esse momento caracteriza-se pelas funções em desenvolvimento, suscetível a serem fortalecidas por meio da interferência externa (MIRANDA, 2005).

Nessa perspectiva de compreender a ZDP, faz-se necessário abordar o significado da mediação na teoria de Vygotsky. A relação entre o homem, o mundo físico e social é sempre mediada, ou seja, ocorre por meio do concurso de elemento intermediário, deixando-a mais complexa. Esses elementos possuem natureza distintas e se referem ao uso de instrumentos e de signos (MIRANDA, 2005). Segundo Ostermann e Cavalcanti (2010):

O conceito central da teoria de Vygotsky é o de atividade, que é a unidade de construção da arquitetura funcional da consciência; um sistema de transformação do meio (externo e interno da consciência) com ajuda de instrumentos (orientados externamente; devem necessariamente levar a mudanças nos objetos) e signos (orientados internamente; dirigidos para o controle do próprio indivíduo). (p. 26).

Para efetiva transformação da consciência do indivíduo, se faz necessário uma ação mediadora deste com os instrumentos e os signos. Quando se refere a instrumentos, caracteriza-se como algo que pode ser usado de alguma maneira, no entanto, o signo representa o significado de alguma coisa. Na teoria vygotskiana a mediação é abordada como fator importante para o desenvolvimento cognitivo, ou seja, o ser humano usa de instrumentos

e signos para fazer a mediação com o mundo. A linguagem é o signo mediador, segundo Vygotsky, com papel de destaque no processo de pensamento (MOREIRA, 2008). A linguagem como signo mediador tem como função a transposição das funções psicológicas elementares para as superiores, que na teoria vygotskiana, intervém no desenvolvimento intelectual do indivíduo desde o momento do seu nascimento (MARTINS, s.d.). Ao longo da história as sociedades constroem instrumentos e sistemas de signos, que modificam e influenciam o seu próprio desenvolvimento social e cultural. Por meio dessa apropriação da construção sócio histórica e cultural, na interação social, que ocorre o desenvolvimento cognitivo do indivíduo (MOREIRA, 2008).

O processo de aprendizagem é contínuo, e a educação tem como papel proporcionar saltos qualitativos no nível de aprendizagem, sendo importante as relações sociais (COELHO, 2012). Nesta situação, as atividades práticas são importantes, por permitir a aprendizagem do indivíduo pelo diálogo, colaboração e imitação.

Na concepção de Vygotsky, o professor tem o papel de mediador da aprendizagem, por efetivar o desenvolvimento transformando-o de potencial para real. Para o professor desenvolver um bom trabalho, como mediador, é necessário o conhecimento sobre o aluno, quais suas opiniões, descobertas, crenças, para proporcionar o diálogo e permitir que o aluno participe da interação expondo aquilo que sabe (DILLI, 2008).

A função do professor está no fato de mediar o trabalho, considerando a existência da ZDP do educando, proporcionar-lhe apoio e recursos, de maneira a possibilitar ao educando desenvolver atividades num nível maior de conhecimento, que não seria possível sem ajuda (FINO, s.d.). Portanto, a figura do professor como identificação/modelo possui grande importância na teoria vygotskiana, pois é um elemento chave nas interações sociais do estudante. Os instrumentos, os signos, a linguagem, e os diagramas que o professor utiliza têm papel essencial, uma vez que a aprendizagem decorre da maneira que são utilizados os instrumentos e da riqueza do sistema de signos que são transmitidos. O desenvolvimento da consciência construída pela interação sócio-cultural seria o objetivo geral da educação numa perspectiva vygotskiana (FINO, s.d.).

### 3.3 TEORIA DA DIALOGICIDADE DE FREIRE

Considerando as duas teorias discutidas anteriormente, se constata que a aprendizagem significativa requer a interação social dos educandos com o objeto de estudo, mediados pelo professor, mas a interação só é possível na existência do diálogo entre os

envolvidos no processo. A teoria freiriana tem um compromisso com a transformação da sociedade. Na concepção freiriana, os educandos trazem consigo vivências, uma sabedoria popular, que são conhecimentos e hábitos que devem ser considerados no processo da aprendizagem, no sentido de uma conscientização para ocorrer uma transformação social (OSTERMANN; CAVALCANTI, 2010). Na abordagem da teoria de Freire, a forma de trabalhar pressupõe uma hierarquia horizontal entre professor e aluno, ou seja, aluno e professor aprendem juntos com grande interação social. Porém, é importante ressaltar que desenvolver o trabalho numa hierarquia horizontal, não elimina a hierarquia professor-aluno. Quando se refere a uma hierarquia horizontal, pressupõe uma participação igual do professor e do aluno durante o processo da aprendizagem (OSTERMANN; CAVALCANTI, 2010). Nesse sentido Maciel (2011) diz que:

[...], é preciso fazer com que o educando se dê conta de seu próprio processo de conscientização, haja vista que ninguém é sujeito da educação de ninguém, a não ser de si mesmo. Não é possível, portanto, falar de educação popular que não se reflète não se inove e não se promova à superação em sua própria prática. (p. 339).

Para justificar a necessidade de mudanças de postura tanto de professor como a do aluno, Freire caracteriza opressor e oprimido, coloca os homens como seres que buscam a explicação do seu próprio eu, de sua posição perante o mundo, logo os mesmos se colocam como problema ou sendo seres inconclusos (FREIRE, 2005). Os oprimidos, por consequência, não enxergam sua posição real, vivem a olhar a posição opressora como próprio objetivo, esse que vai transformar oprimido em opressor, pois já está criado nessa contradição, ainda não refletiu sua posição oprimida e conclui que não precisa assumir a posição de opressor (FREIRE, 2005).

O homem sozinho não pode se educar, não vai conseguir construir seu ser sozinho, acaba perdendo sua característica humana e acaba retirado do mundo. O diálogo apenas ocorre se houver amor pelo mundo e pelos homens, uma amor que se deixa ouvir, falar, agir, que se acredite no poder de criar e recriar dos homens, como seres inconclusos, possam no mundo, modificar-se e ver sua realidade, para construção do ser (FREIRE, 2005).

Nessa concepção, a atuação do professor é junto com os alunos, isto é, conviver para melhor compreendê-los, agora não existe a conquista, mas a colaboração, juntos podem mudar e agir, sobre o mundo alterar, suas concepções. Agora não se manipula, mas se organiza, todos têm o direito dizer sua palavra, de se reconstruir como seres em busca da liberdade (FREIRE, 2005). É na ação do professor que o processo da aprendizagem pode desencadear no aluno uma curiosidade crescente, que o torna cada vez mais criador. Uma das

tarefas essenciais ao educador é trabalhar com os alunos a rigorosidade metódica, para que o aluno desenvolva condições de aprender criticamente (FREIRE, 2015). É na ação dialógica que professor e alunos devem se manter criadores, instigadores, rigorosamente inquietos, humildes e persistentes. Nas condições de uma verdadeira aprendizagem, os alunos transformam-se em sujeitos da construção e desconstrução do que é ensinado junto do professor, que também é sujeito do processo (FREIRE, 2015).

Segundo Freire (2015):

Pensar certo, do ponto de vista do professor, tanto implica o respeito ao senso comum no processo de sua necessária superação quanto o respeito ao estímulo à capacidade criadora do educando. (p. 31).

Logo, o professor deve considerar no desenvolvimento do seu trabalho, o respeito pelos saberes que os alunos possuem, mas também, discutir com os alunos o motivo de alguns desses saberes em relação ao conteúdo a ser ensinado (FREIRE, 2015). Na perspectiva da teoria freiriana, ensinar não é apenas transmitir conhecimento, mas as possibilidades para sua produção ou construção. O professor deve insistir na sua formação que ensinar não é transferir conhecimento. (FREIRE, 2015). Na teoria dialógica não se nega a importância dos momentos explicativos, narrativos, onde o professor expõe ou fala sobre o assunto, porém é fundamental que ambos, professor e alunos, mantenham uma postura ativa, dialógica, aberta, curiosa, indagadora e não passiva. O bom professor consegue, enquanto fala, trazer o aluno para a discussão de seu pensamento. (FREIRE, 2015).

Na teoria freiriana, existem pontos de convergência que se referem à ação do professor no desenvolvimento de sua atividade, são eles: a abordagem temática e a seleção de conteúdos e materiais didáticos; a perspectiva interdisciplinar do trabalho pedagógico e o papel da formação de professores; o papel do educador no processo de ensino e aprendizagem e na formação para o exercício da cidadania (NASCIMENTO; LINSINGEN, 2006).

No método de Freire o processo de aprendizagem passa pelas seguintes etapas: da investigação, busca conjunta entre professor e aluno dos conceitos, ideias, concepções do aluno, dentro de seu universo e da comunidade onde ele vive; da tematização, momento da tomada de consciência do mundo, por meio da análise dos significados sociais dos conceitos, das ideias; a problematização, etapa em que o professor desafia e inspira o aluno a superar a visão mágica e a crítica do mundo, para uma postura conscientizada (FREIRE, 2005). No desenvolvimento do trabalho do professor, a aula propriamente dita, algumas ações são importantes para que ocorra a ação dialógica: primeiro ocorre a codificação, sendo o momento que o educador propõe uma situação problema, que pode ser em forma de pergunta,

demonstração, vídeos ou apenas uma figura, para iniciar a ação dialógica; em seguida, a decodificação que é o momento para o educando apresentar suas ideias, opiniões, concepções, explicações sobre a situação problema, durante esse momento o educador deve registrar o que é falado pelo educando, anotando em um caderno, painel, quadro branco ou de giz; na sequência ocorre o momento da recodificação que é iniciado com a atividade a ser desenvolvida pelo educando para chegar a uma resposta sobre a situação problema, levando o educando a refletir sobre o problema, suas concepções e ideias, as palavras anteriormente mencionadas, e construir uma nova ideia e/ou concepção (FREIRE, 2005; DA CRUZ e GHIGGI, s.d.)

## 4 LUZ, CORE PERCEPÇÃO

O presente capítulo tem por objetivo apresentar os conceitos físicos relacionados a cor e sua percepção<sup>1</sup>.

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.

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

---

<sup>1</sup> Este capítulo e o capítulo 4 do Produto são idênticos e fornecem informações conceituais da Física abordada para o professor.

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,  $\lambda$  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 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).

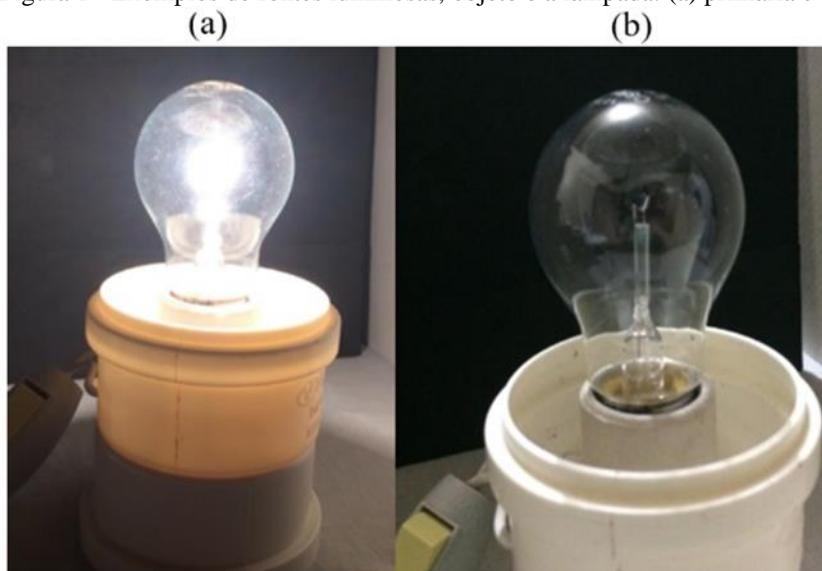
Desta forma, a percepção das cores depende da interação da luz incidente com o material e a recepção da luz emitida do material depois da interação pelos olhos, ou seja, a codificação da luz recebida fornecendo a percepção das cores.

#### 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 1 (a), 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



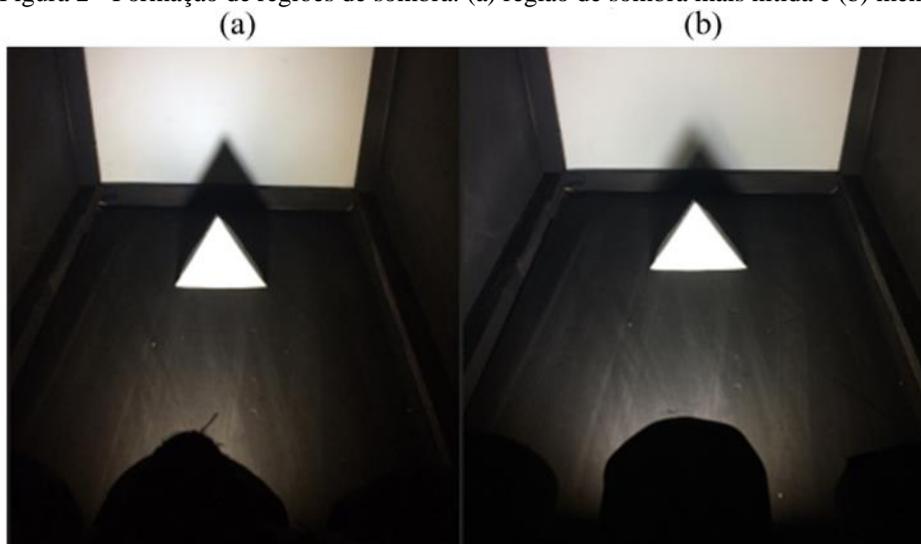
Fonte: O autor.

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.

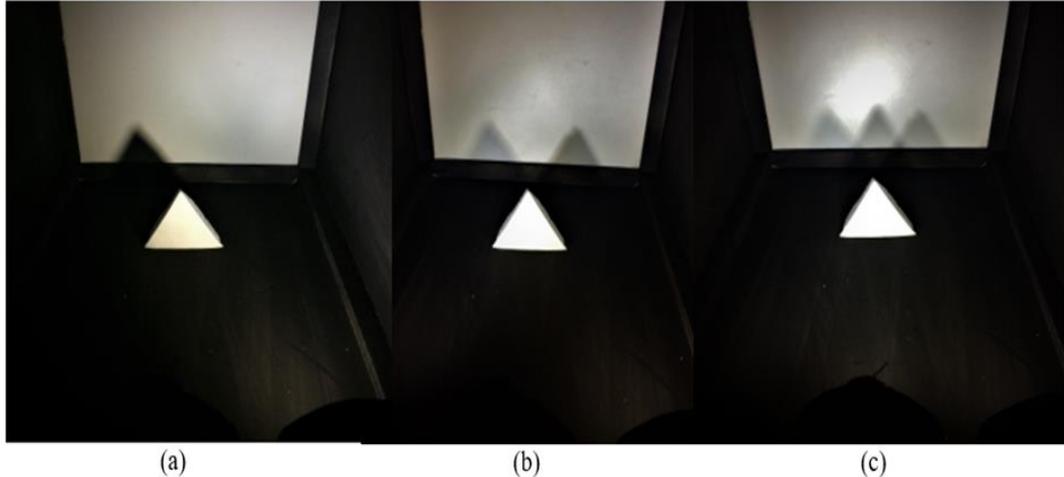


Fonte: O autor.

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 3 (b), 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 discuti 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 sobra 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.

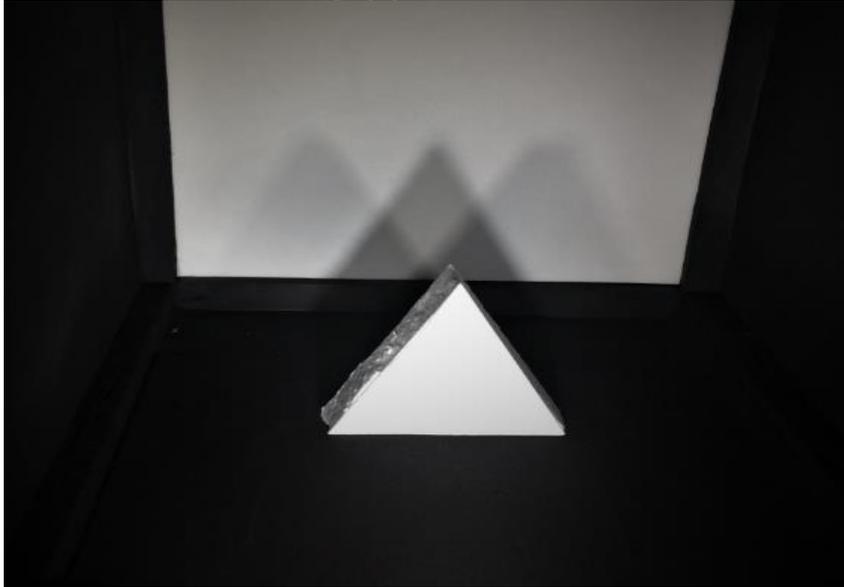


Fonte: O autor.

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).

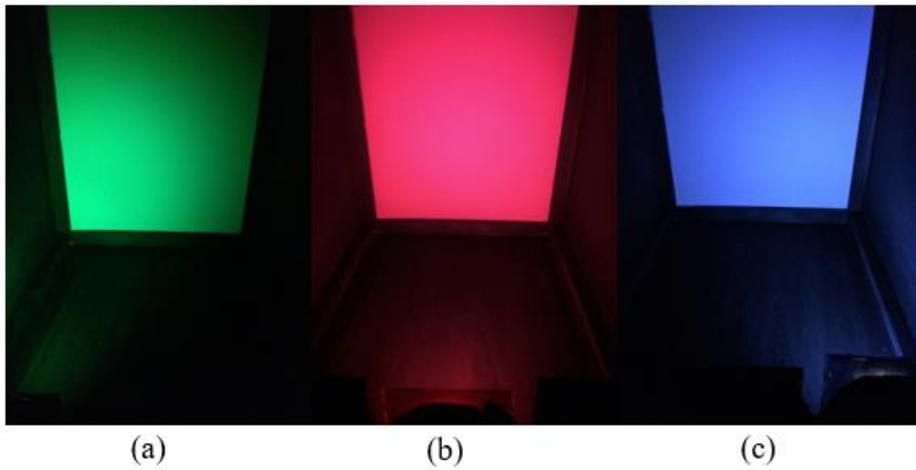
O princípio é válido para duas ou mais fontes luminosas, a figura 5 apresenta o uso de três fontes luminosas compostas por filtros de cor que permitem a passagem de determinada cor pelo filtro, e este fenômeno será discutido adiante na figura 5, as situações das Figuras 5 (a), 5 (b) e 5(c) são com apenas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



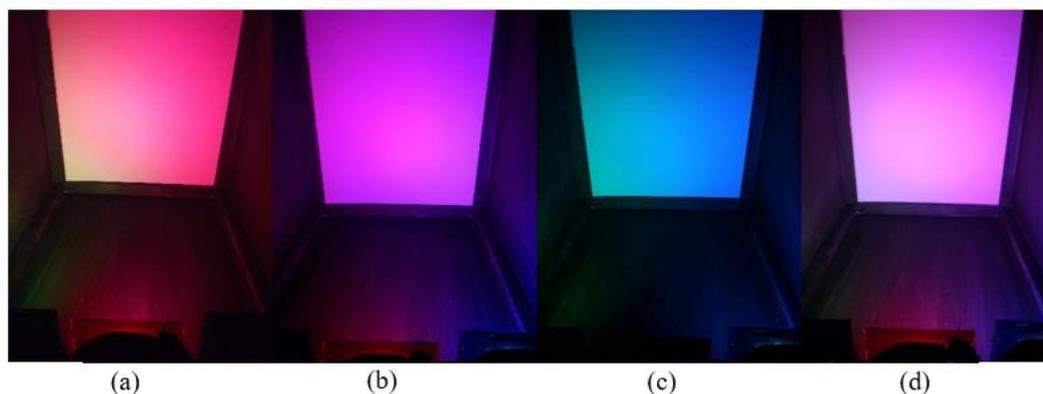
Fonte: O autor.

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.

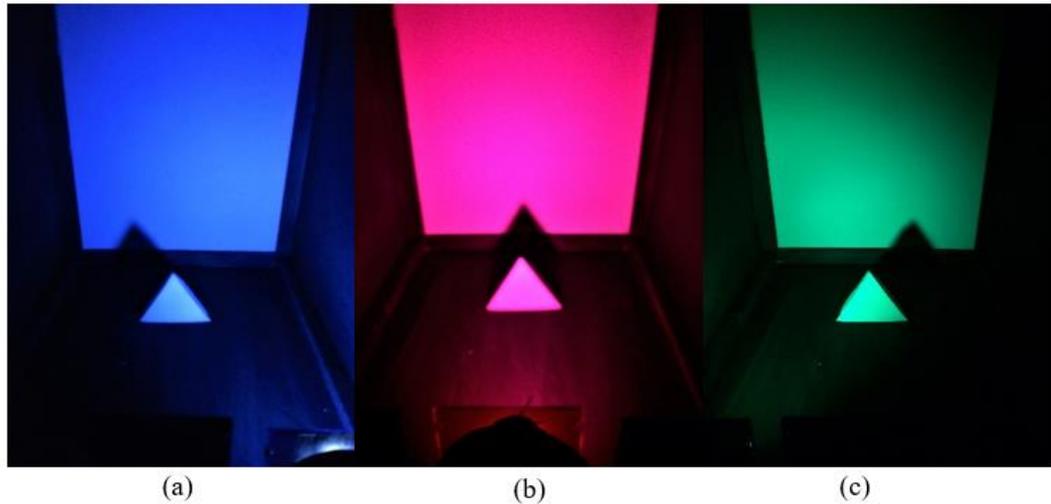


Fonte: O autor.

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 6 (b) 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.

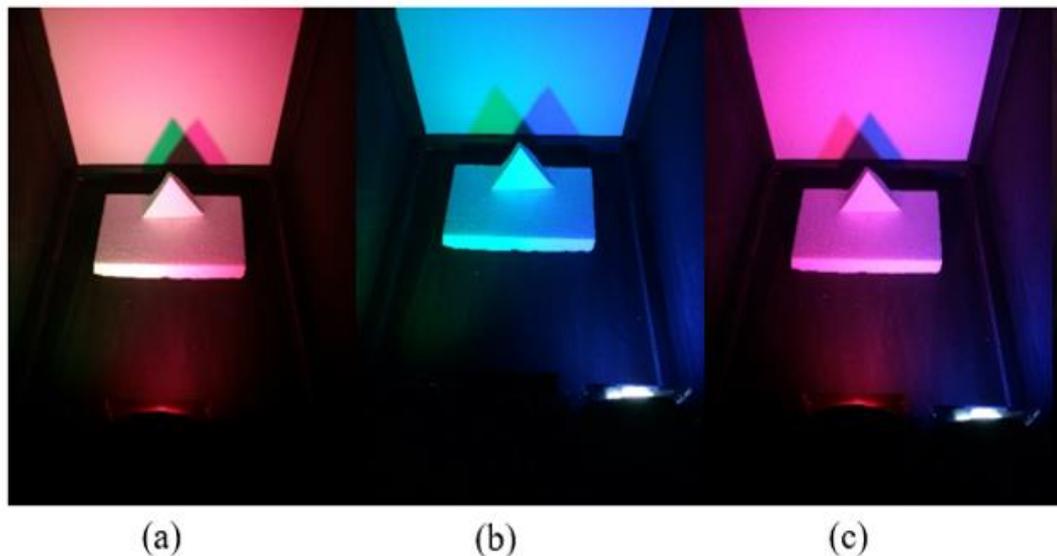
Figura 7 - Formação de sombras com o uso de lâmpadas com filtros: (a) lâmpada direita com filtro azul, (b) lâmpada central com filtro vermelho e (c) lâmpada esquerda com filtro verde.



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.

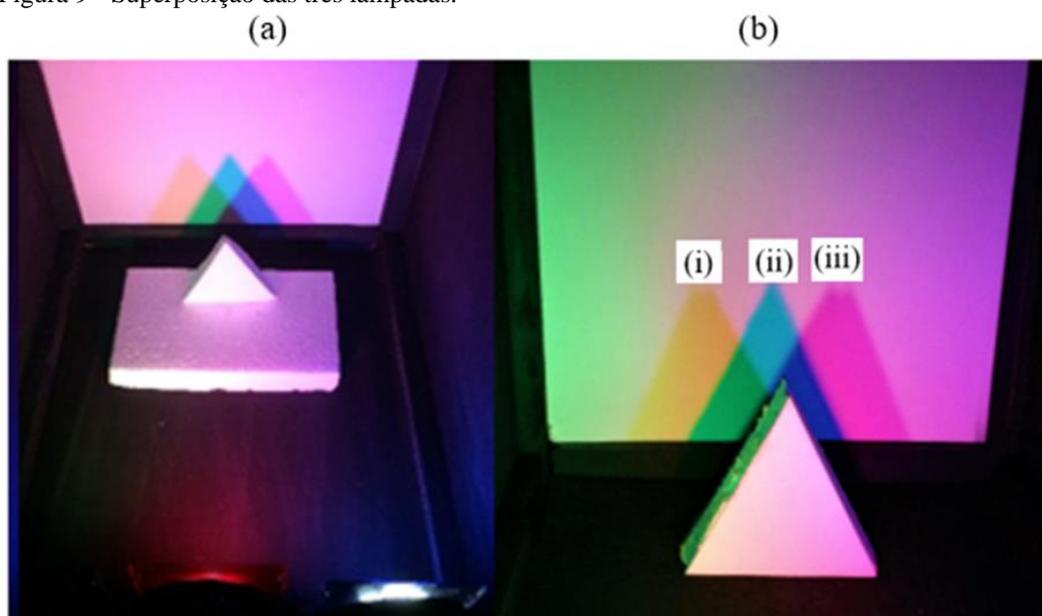
Agora considere que são acesas as lâmpadas, duas a duas, como mostra a Figura 8. Na situação da Figura 8 (a), na qual estão acesas as lâmpadas verde, esquerda, e vermelha, centro, observa-se que a sombra para a lâmpada vermelha é o triângulo central, enquanto que a sombra para a lâmpada verde é o triângulo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

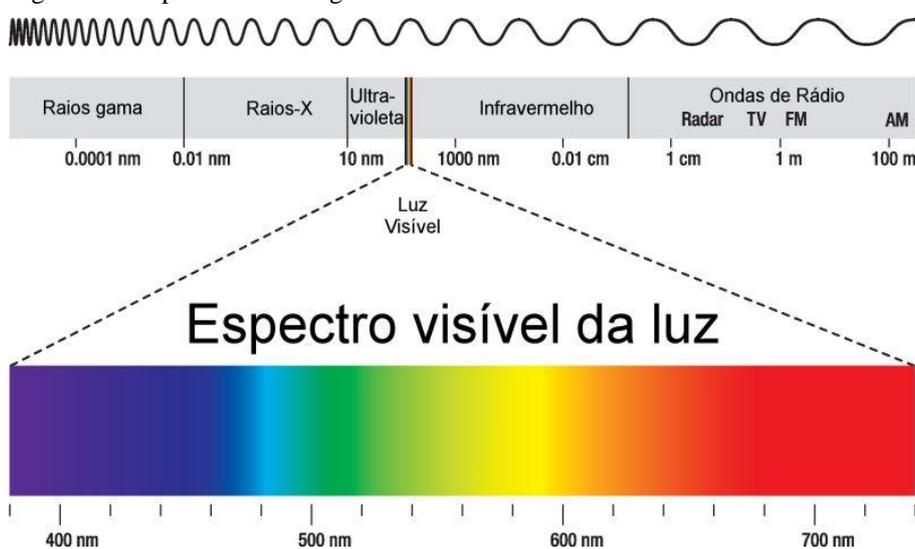
A necessidade, agora, é identificar as relações entre as cores luz e pigmento no processo de percepção das cores. A forma como se enxerga as cores dos objetos ocorre, num primeiro momento, da interação entre luz e matéria, ou seja, a luz de uma fonte iluminando a superfície de um objeto. Essa interação 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.

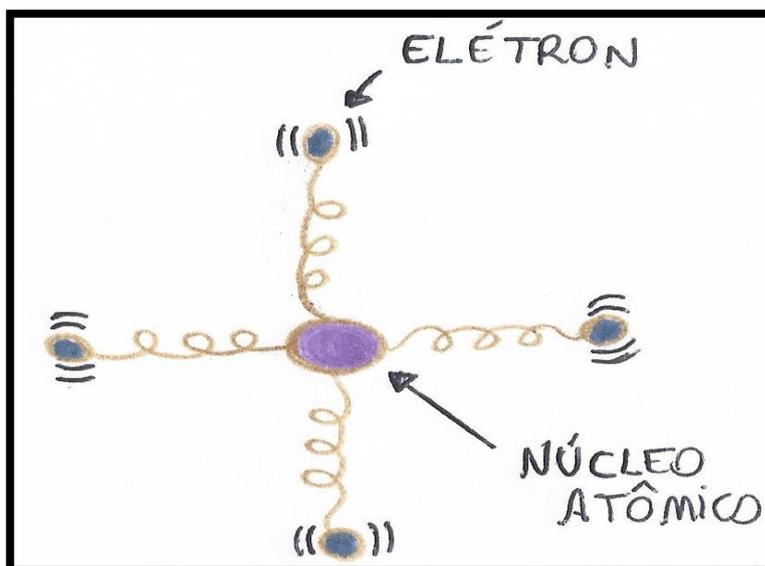


Fonte: Peter Hermes Furian / Shutterstock.com

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

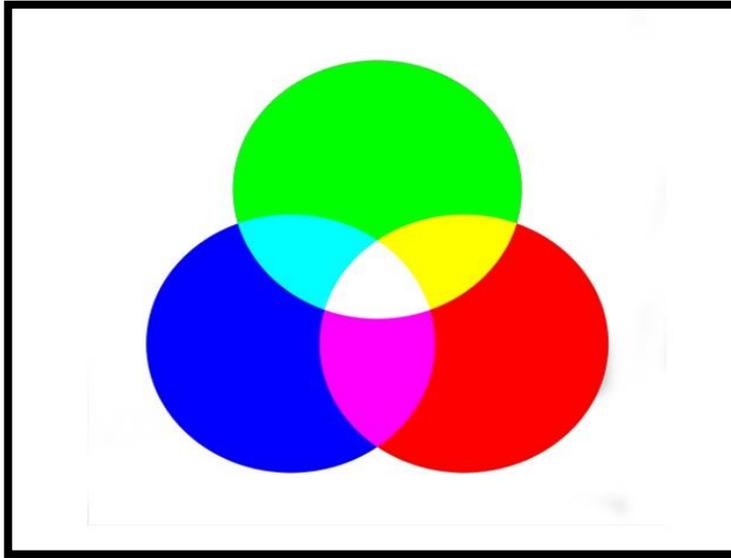
O processo de percepção das cores requer a diferenciação entre a cor-pigmento e a cor-luz. A cor-luz vem a ser a radiação luminosa que compõem o espectro do visível e apresenta como síntese aditiva a luz branca. A síntese aditiva é a composição de outras cores por meio da soma de três cores fundamentais: 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

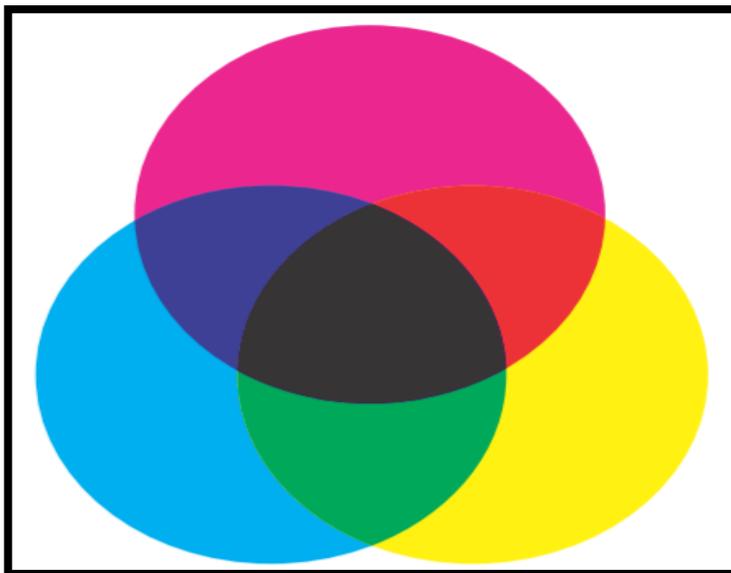
complementares. A combinação das cores magenta mais ciano resulta na cor azul, a combinação das cores magenta mais amarelo resulta na vermelho e a combinação das cores amarelo mais ciano resulta na cor verde, mostrando que as cores secundárias para o pigmento são as cores primárias para a luz. Portanto,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

Figura 12 - Sistema RGB.



Fonte: David Arty.

Figura 13 - Sistema CYM.



Fonte: Pedrosa (2014)

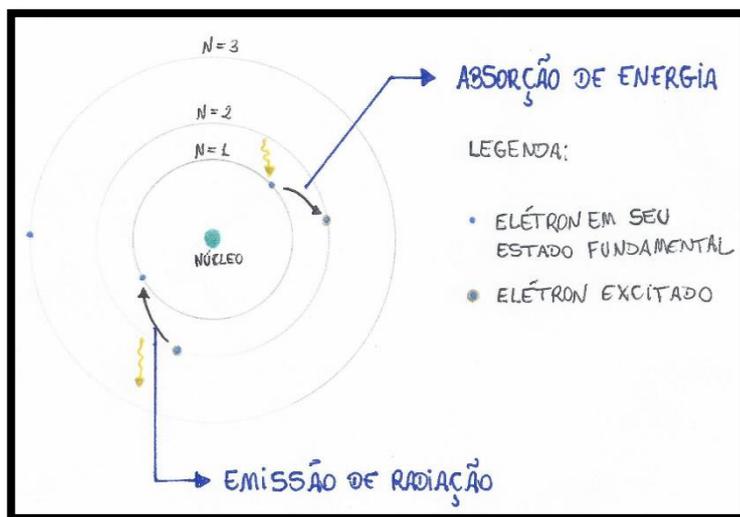
Para compreender melhor a interação entre a cor da luz e a cor do meio material é importante analisar o espectro de cores provenientes da fonte luminosa.

#### 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  $E=hf$ , 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.

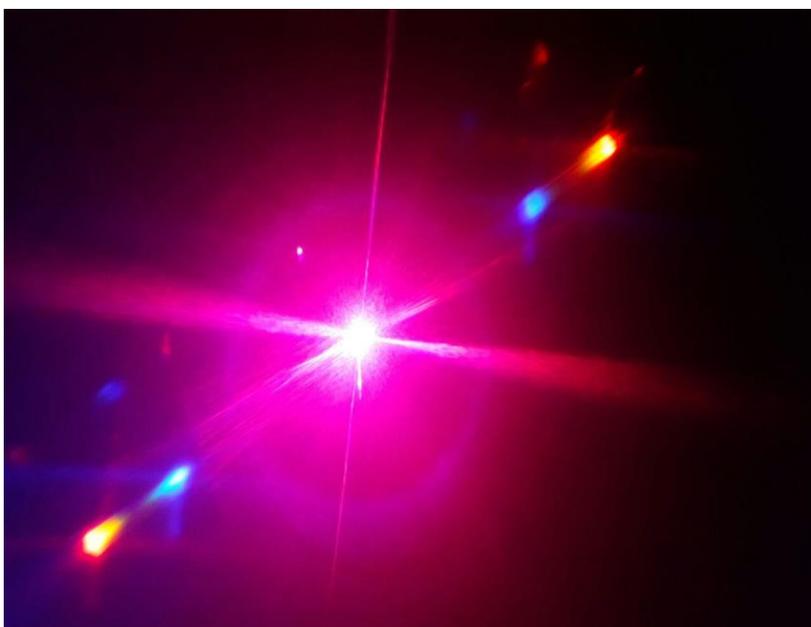
Uma das consequências do modelo de Niels Bohr é a possibilidade de identificar os elementos que constituem as estrelas devido ao estudo do espectro correspondente. O estudo de espectros é dividido pelos espectros de emissão e absorção, sendo eles contínuos ou discretos. Os elementos químicos apresentam 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.

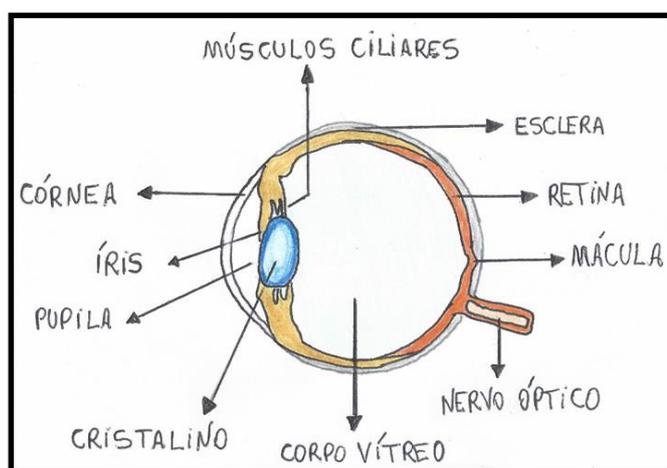
O Olho é o órgão responsável por captar os raios luminosos e transformá-los em impulsos para serem interpretados pelo sistema nervoso. Os componentes que fazem parte da estrutura do olho desempenham atividades específicas para transformação da informação contida na luz em sensações causadas pelo sentido 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.

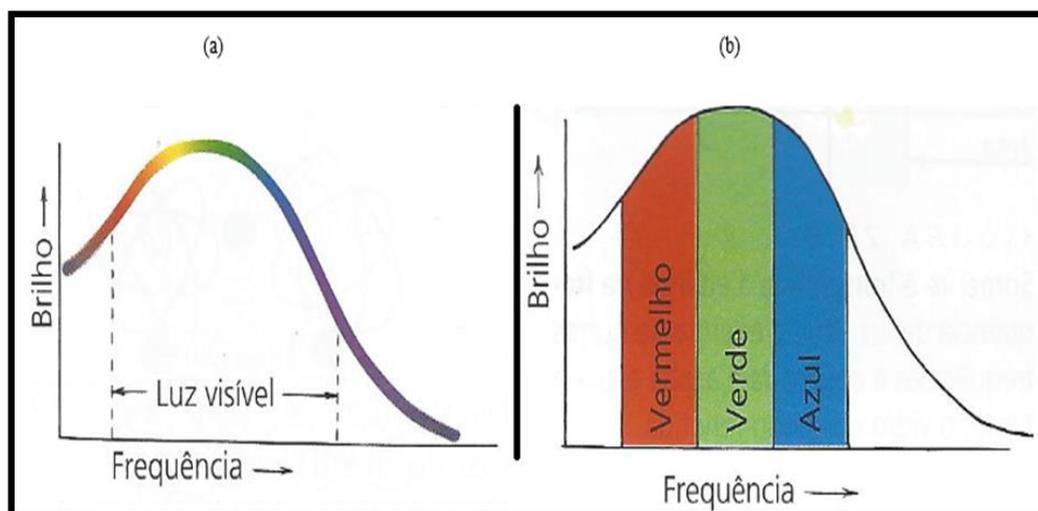


Fonte: O autor.

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).

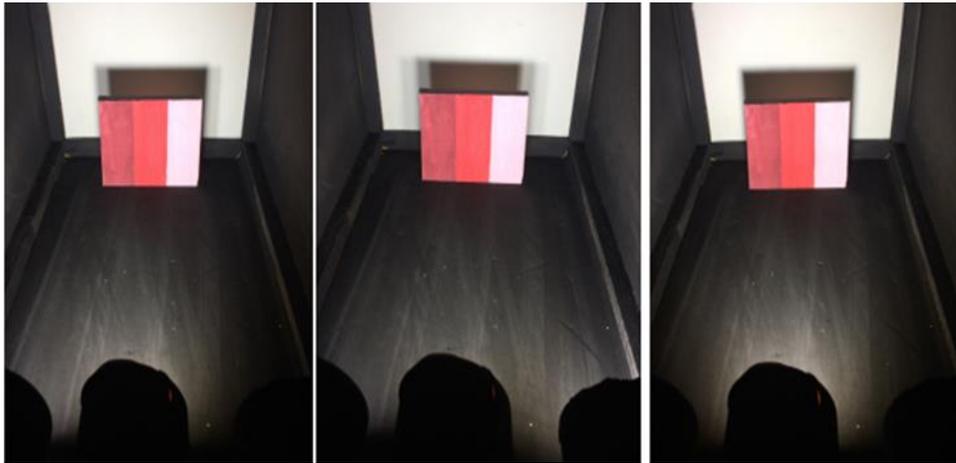
#### 4.1.7 Percepção das Cores

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

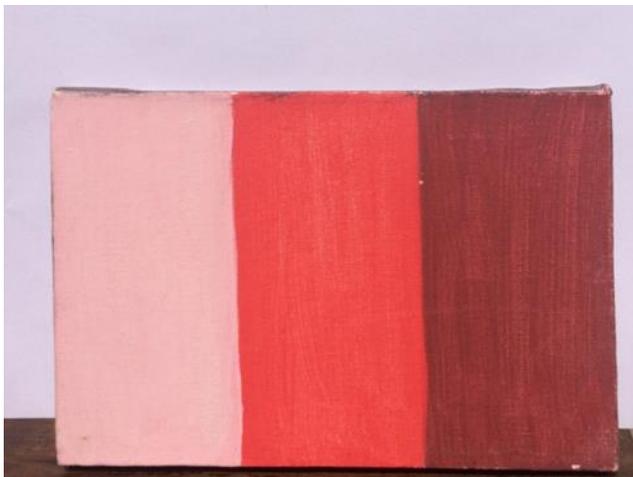
adiciona preto a determinado matiz, este se torna gradualmente mais escuro, e essas gradações são chamadas escalas tonais. Para se obter escalas tonais mais claras acrescenta-se branco (PEDROSA, 2014). Na Figura 21 vemos uma a tela pintada considerando as escalas tonais, no caso a faixa central é a cor 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 MATERIAIS E MÉTODOS

Nesse capítulo, apresentam-se alguns aspectos conceituais e estruturais da aplicação do Produto, em forma de oficina em contra turno. Serão descritas a forma de organização do material, a divisão e desenvolvimento das aulas, como também, as observações das atividades e o processo avaliativo adotado de cada aula e que serão adotados para análise e discussão dos resultados que serão apresentados no capítulo 6 dessa dissertação.

### 5.1 O PRODUTO: COR À LUZ DA FÍSICA MODERNA

O referido Produto foi estruturado e contém o 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. Para que se tenha uma visão do Produto desenvolvido, segue uma descrição sucinta dos seus elementos.

Planejamento – Plano de Unidade e Planos de Aula: O Plano de Unidade foi estruturado na forma de momentos de ensino, sendo dividido em seis momentos, estes com separação específica em tempo de aula. Os momentos 1 e 2 contemplam uma duração de 200 minutos, o que corresponde a 4 horas-aulas, os momentos seguintes, 3, 4, 5 e 6, têm duração de 100 minutos cada, correspondendo a 2 horas-aulas, somando ao final do momento 6 o total de 16 horas-aulas. Os Planos de Aulas apresentam os objetivos que aos alunos deverão contemplar ao final da referida aula, além das ações a serem desenvolvidas pelo professor durante o momento de ensino. A divisão do plano de aula e da aula é em três momentos, a saber: a motivação, o desenvolvimento e a síntese integradora.

- Texto de apoio ao professor: texto elaborado pelo professor autor do referido trabalho, feito por meio da consulta de diferentes referenciais que abordam os conceitos do universo da Física e da Arte. O texto serve de base para o desenvolvimento dos momentos de ensino e discussão do conceito de cor e sua percepção e está contido na íntegra tanto no capítulo 4 desta dissertação, que foi apresentado anteriormente, quanto no Produto. O texto de apoio ao professor proporciona subsídios para as discussões e encaminhamentos para o processo desenvolvido em cada aula. No referido texto, são apresentados os conceitos essenciais para se compreender o conceito de cor e sua percepção, abordando desde o

conceito de luz, visão, até a interação entre luz e matéria, elencando a importância do fóton para se compreender todo o processo da percepção das cores.

- Orientações, Questionários e Registros (OQR): cada aula desenvolvida durante os momentos de ensino apresenta um material com orientações de como proceder em cada experiência proposta, questionamentos norteadores em cada etapa, espaço para observação e comentários da aula, portanto, 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. As OQR são apresentadas para o professor com as respostas esperadas para que ele possa observar e avaliar se os alunos estão compreendendo as experiências propostas.
- Materiais de apoio: Computador, TV- pendrive, projetor de multimídia, caixas de som, adaptadores, tela de projeção. Esses aparelhos auxiliam para reproduzir os vídeos nas aulas iniciais e para as demais apresentações desenvolvidas durante os momentos de ensino.
- Slides: slides elaborados pelo professor autor do referido trabalho, para desenvolver as discussões dos conceitos relacionados a cor e sua percepção.
- Vídeos para o processo de investigação: foram usados três vídeos extraídos do Youtube, os quais abordam a relação entre a cor e sua percepção. O primeiro vídeo foi “Afinal qual a cor do vestido?” (01:49)<sup>2</sup> (DUDU SILVA, 2015), o segundo vídeo “A sensação que as cores provocam no ambiente – psicologia das cores.” (02:06)<sup>3</sup> (Sou desses, 2016) e o terceiro vídeo “Cor na Publicidade.” (03:10)<sup>4</sup> (MARI ARRUDA, 2011).
- Simulador Color Vision<sup>5</sup>: simulador baixado no site PHET – Interactive Simulations, o qual apresenta um modelo para mostrar a forma de como o olho humano interpreta a luz incidente de uma fonte luminosa, além da forma de como as cores-luz se misturam e o comportamento da luz em relação a sua interação com diferentes filtros

---

<sup>2</sup> Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=GDdX7HdKgtU&t=6s//>>. Acesso em: 20 abr. 2017.

<sup>3</sup> Disponível em: <[https://www.youtube.com/watch?v=sEtg5b\\_TdyQ>](https://www.youtube.com/watch?v=sEtg5b_TdyQ>). Acesso em: 20 abr. 2017.

<sup>4</sup> Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=Uteluak2cYs>>. Acesso em: 20 abr. 2017.

<sup>5</sup> Disponível em: <[https://phet.colorado.edu/sims/html/color-vision/latest/color-vision\\_en.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/color-vision/latest/color-vision_en.html)>. Acesso em: 20 abr. 2017.

de cor. O simulador apresenta a luz em duas formas, uma como fótons e outra como um feixe contínuo.

Aparatos experimentais: são os materiais desenvolvidos para às práticas realizadas durante aplicação do Produto. Porém, para melhor compreensão, os aparatos experimentais são elencados abaixo juntamente com a sua descrição e sua utilização durante os momentos de ensino.

- Caixa de percepções (Caixa): 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.
- Conjunto de materiais transparente, translúcidos e opaco: foram utilizadas três capas grandes de CD, uma das capas foi retirado a parte central deixando um espaço vazio preenchido com um quadrado de vidro, pois o material da capa do CD possibilitava efeitos de reflexão. A segunda capa de CD grande foi revestida com material plástico, sacola de compras, para se comportar como um material translúcido e a terceira capa de CD grande foi revestida com papel adesivo (contact) branco, para se comportar como um material opaco.
- Filtros de cor: foram utilizadas três capas de CD pequenas pintadas nas cores vermelho, azul, e verde porque são as cores consideradas primárias para a luz. Essas três capas de CD pequenas, foram utilizadas em todas as aulas, portanto, para cada Caixa, havia no mínimo um jogo de três filtros de cor.
- Sólidos geométricos para o estudo da formação de sombra e penumbra: conjunto de sólidos geométricos de forma triangular, de dois tamanhos diferentes, feitos com isopor.
- Capas de ajuste: capas feitas de tecido para serem utilizadas nos suportes das lâmpadas, para de diminuir a área de incidência de luz.

- Capa de Observação: capa feita com tecido e presa em bastidor de bordado, afim de diminuir a entrada de luz do ambiente externo.
- Tela pintada com diferentes graduações da mesma cor: tela para pintura, pintada com três faixas nas cores, vermelho escuro, vermelho e vermelho claro, para observação da mudança de tonalidade na caixa de percepções e no ambiente iluminado pela luz do Sol.
- Conjunto de sólidos geométrico: conjunto de sólidos geométricos (triangular, circular e retangular) feitos de isopor e pintados com tinta branca fosca para observação das diferentes formas de sombra e penumbras coloridas na Caixa. conjunto de sólidos geométricos de forma triangular, circular e retangular feitos de isopor e revestido de papel EVA de diferentes cores, para observação da interação entre a fonte de luz e a objeto.
- Esfera modelo (Esfera): esfera de isopor pintada com listras específicas (azul claro e preto) para observação identificação dos elementos indispensáveis para a percepção das cores pelo olho humano. A esfera modelo representa a situação inicial do fenômeno observado com o vestido.
- Conjunto de potes de tintas guache nas cores: azul, vermelho, verde e amarelo; pincéis de diferentes tamanhos e retângulos de cartolina para pintar. No retângulo de cartolina os alunos deveriam pintar as cores primárias e secundárias para o pigmento de acordo com o conhecimento sobre o conceito de cor pigmento primária.
- Pião de Newton: pião feito de jornal e colado em palito de churrasco que teve como função demonstrar a mistura de cores a partir do movimento. Foram confeccionados vários piões para atender o número de alunos.
- Filtros de papel e canetas coloridas: fitas de filtro de papel e conjunto de canetas coloridas para demonstração da mistura de cores por meio da decomposição da tinta da caneta na sua combinação de cores.
- Suporte com lâmpadas, prismas e espectrômetros: conjunto de três suportes para lâmpadas com cano de PVC, contendo lâmpadas incandescente, fluorescente e RGB (red, green e blue), mais prismas e espectrômetros caseiros para observação do espectro de emissão das lâmpadas.

A seguir é apresentado um panorama do Plano de Unidade e na sequência são apresentadas as descrições de cada momento de ensino, para uma melhor compreensão de todo o processo de investigação e sistematização do referido assunto.

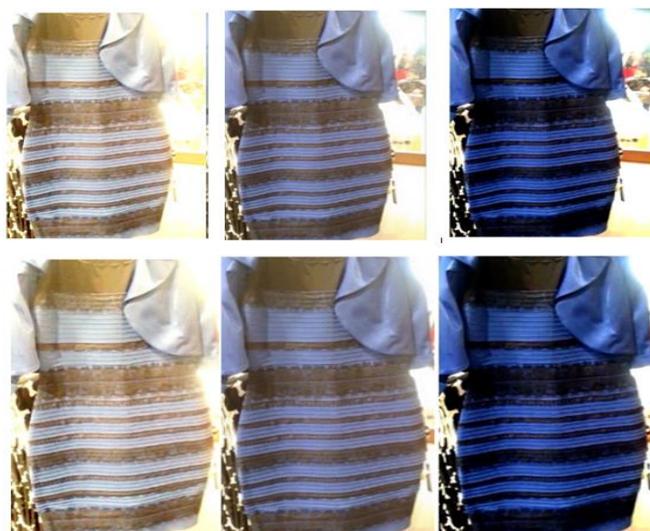
## 5.2 DESCRIÇÃO DOS MOMENTOS DE ENSINO

### Momento 1 – Que cor é?

No Momento 1 ocorre o processo de investigação da situação problema a ser analisada durante os demais momentos. Os alunos observam uma sequência de três imagens de um mesmo vestido e respondem o questionamento sobre qual a sua cor real. Com as respostas dos alunos, o professor questiona quais os conceitos físicos essenciais para se compreender o fenômeno observado no vestido e registra no quadro as respostas apresentadas pelos alunos. Depois de registradas as respostas, o professor continua o processo de investigação apresentando vídeos que abordam os conceitos de cor e sua percepção, para que os alunos elaborem suas hipóteses sobre a explicação do fenômeno. Finalizada a primeira hora-aula do momento 1, os alunos, junto com o professor, discutem as hipóteses elaboradas na forma de uma assembleia, as demais aulas do momento 1 abordam conceitos importantes da óptica geométrica que são observados na Caixa e são necessários para o desenvolvimento das atividades experimentais nos momentos seguintes. Durante os momentos, se faz uso da sala multiambiente, na qual cada Caixa apresenta um experimento diferente e os alunos têm um tempo determinado para observação e registro, ao final do tempo estipulado, os grupos devem mudar de Caixa para iniciar uma nova observação.

Aula 1: A primeira hora-aula do Momento 1 é dedicada a problematizar o efeito observado na cor do vestido, apresentado na Figura 22, em 4 imagens e em forma de slides para investigar quais as explicações e conceitos físicos apresentados pelos alunos.

Figura 22 - Imagens do vestido



Fonte: O globo.

De acordo com o planejamento, na motivação, faz-se a apresentação de quatro imagens, uma por vez, de um mesmo vestido, conforme a Figura 22, a cada observação, questiona-se a cor do vestido e registra as respostas e comentários apresentados. Ao final da discussão das imagens, pergunta-se quais os conceitos físicos estão relacionados com o efeito causado no vestido. No desenvolvimento são apresentados três vídeos. A proposta é identificar o conhecimento que o aluno possui sobre cor e percepção atrelado aos conceitos de FCM. O primeiro vídeo – “Afim qual a cor do vestido?” (01:49)<sup>6</sup> (DUDU SILVA, 2015) – apresenta a reportagem expondo a possível causa do efeito observado no vestido. No segundo vídeo – “A sensação que as cores provocam no ambiente – psicologia das cores.” (02:06)<sup>7</sup> (Sou desses, 2016) – é apresentada uma situação na qual o proprietário está em dúvida na escolha da cor para pintar seu estabelecimento, o vídeo explora os conceitos de cor primária e secundária, como também as sensações que as cores podem causar. O terceiro vídeo – “Cor na Publicidade.” (03:10)<sup>8</sup> (MARI ARRUDA, 2011) – aborda a influência das cores na publicidade, ele apresenta uma mesma propaganda por duas perspectivas, preto e branco e depois colorido. Para nortear a investigação inicial do professor, foram elaboradas questões específicas, contidas no OQR e apresentadas no capítulo 6, para cada vídeo, logo ao final da apresentação, as questões são respondidas e se faz uma discussão em forma de assembleia.

Como síntese desta aula, o professor solicita que os alunos formem grupos e discutam suas respostas para que possam elaborar hipóteses sobre o efeito observado no vestido. Para auxiliar na formulação das hipóteses o professor faz o seguinte questionamento: A luz é responsável por percebemos as cores? Os grupos devem discutir as observações sobre os vídeos elencando com o questionamento feito pelo professo. Essas hipóteses trazem uma primeira ideia de como os alunos compreendem a percepção das cores e quais conceitos relacionados na situação proposta.

Ressalta-se que as Aula 2 e Aula 3 contemplam um tempo de 75 minutos, totalizando 150 minutos ou 3 hora-aulas.

Aula 2: Na segunda hora-aula do momento 1, são explorados os conceitos de Óptica Geométrica: princípio de propagação da luz, independência dos raios luminosos e sua interação com os diferentes objetos transparentes, translúcidos e opacos.

---

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

<sup>7</sup> Disponível em: <[https://www.youtube.com/watch?v=sEtg5b\\_TdyQ>](https://www.youtube.com/watch?v=sEtg5b_TdyQ>). Acesso em: 20 abr. 2017.

<sup>8</sup> Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=Uteluak2cYs>>. Acesso em: 20 abr. 2017.

Como motivação, o professor retoma a discussão das hipóteses elaboradas pelos alunos no final da assembleia da Aula 1. Nesta discussão, ressalta-se a importância de se investigar a veracidade das hipóteses para explicar o fenômeno observado no vestido. Os alunos formam os mesmos grupos da aula anterior e se posicionam a frente de uma Caixa.

No desenvolvimento, os grupos fazem diferentes experiências com as caixas de percepções cores que estão dispostas com uma sequência de materiais: 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, e a 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 comportam-se como um material translúcido a luz incidente, permitindo apenas a passagem de uma gama de comprimentos de onda. A atividade é realizada com um tempo determinado, cada grupo manipula a Caixa durante 10 minutos, após esse tempo os grupos trocam a Caixa e repetem a atividade por mais 10 minutos e, assim, sucessivamente até todos os grupos passarem pelas quatro caixas. Para cada Caixa existe OQR. A ordem em que os grupos devem seguir para a observação é apresentada no Quadro 5.1, esta ordem foi admitida apenas para organização da sala e controle da situação pelo professor, a fim de que todos os grupos passassem pelas quatro experiências.

Quadro 5.1 - 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.

Como síntese, todos os grupos classificam os materiais contidos na caixa de cores, expondo suas respostas numa discussão em forma de assembleia. Ao final da aula, é necessário que o professor recolha a OQR dos alunos para análise e avaliação posterior.

É importante que os alunos sejam capazes de identificar as regiões de sombra e penumbra nas atividades, para a situação em que os educandos não apresentem essas observações, o professor projeta slides, com o auxílio do multimídia, as imagens dos objetos opaco, translúcido, transparente e dos filtros de cor e identifica regiões não iluminadas ou parcialmente iluminadas, ou seja, 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 denominar como sombra e penumbra nesse momento, apenas ressaltar que há diferentes regiões iluminadas de forma diferenciada.

Aula 3: Na terceira hora-aula, é apresentado o efeito das sombras coloridas, uma consequência dos conceitos discutidos anteriormente.

Como motivação, o professor deve retomar as observações da Aula 2, para que seja possível trabalhar os princípios da propagação retilínea da luz explicando a formação de sombra e penumbra e o princípio da independência dos raios luminosos e poder explicar a mistura de cores luz e a composição do branco.

No desenvolvimento, o professor faz uma 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. Os grupos, estabelecidos anteriormente, se posicionam na mesa que contém uma Caixa. Essas caixas estarão organizadas com diferentes materiais: 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 e Caixa 4 – suportes com lâmpadas e filtros, sólidos geométricos, grande e pequeno. O tempo e ordem para a observação é o mesmo apresentado no Quadro 5.1. Para cada Caixa existe o OQR, após as observações, o professor reserva alguns minutos para que todos finalizem o OQR.

Como síntese, é feita novamente uma assembleia, na qual o professor apresenta slides via multimídia, imagens feitas dentro da caixa como apresentadas nas figuras 3, 8 e 9, para que todos os grupos possam identificar as regiões de sombra e penumbra e explicar como ocorre a mistura de cores na tela e nos objetos. Nesse momento, o professor apresenta os conceitos de sombra e penumbra e discute com todos os grupos suas relações e características.

## Momento 2 – Misturando cores

O Momento 2 apresenta uma sequência de experimentos para se discutir os conceitos de cor-luz e cor-pigmento baseada em mistura cores. O tempo para realizar, observar e registrar a atividade é maior, portanto, a motivação ocorre no início da Aula 4 e na sequência das Aulas 4, 5, 6 e 7 os alunos desenvolvem as experiências, cada equipe possui um tempo determinado para desenvolver a atividade, que está organizada na forma de Mesas, sendo 4 Mesas que apresentam uma ou mais experiências, ao final do tempo determinado, os grupos trocam de atividades, até que todos os grupos tenham passado pelas 4 Mesas. Justificando que a numeração das Aulas do Momento 2 iniciam em 4 devido as Aula 2 e Aula 3 do Momento 1 totalizarem 3 hora-aulas em tempo.

Para iniciar a aula, o professor retoma o resultado da assembleia realizada no 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.

Como motivação, o professor indaga aos alunos 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 nesse momento é a cor, pois se faz necessário compreender como classificar as cores sendo elas, pigmento ou luz, além da forma de misturar as cores. Para o caso em que os alunos não apresentem a cor como conceito importante, o professor retoma as hipóteses, mostrando que antes de se discutir conceitos mais complexos e abstratos, deve-se elencar aquele que é o predominante na situação.

Finalizada a discussão, dá-se início ao desenvolvimento desta aula. O professor solicita aos alunos para formarem os grupos, estabelecidos em outras aulas, porque fará outra sequência de experiências envolvendo a relação entre cor-luz e cor-pigmento, a mistura de cores, e por meio de simulação investigar o processo de visão. Para cada experiência, os grupos terão um tempo de 40 minutos e a organização dos grupos seguirá o estabelecido na Quadro 5.1. As quatro experiências propostas são as seguintes: Mesa 1 – Simulador Color Vison<sup>9</sup> - computador conectado à internet com o simulador instalado, para que os alunos manipulem o modelo de percepção das cores apresentado no simulador; 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

---

<sup>9</sup> Disponível em: < [https://phet.colorado.edu/sims/html/color-vision/latest/color-vision\\_en.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/color-vision/latest/color-vision_en.html)>. Acesso em: 20 abr. 2017.

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 e 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 às cores. Cada experiência atividade é realizada com um tempo determinado de 40 minutos, compreendendo a discussão das observações e respostas ao questionário de registro. Em seguida, os grupos trocam a mesa e realizam a atividade da respectiva mesa por mais 40 minutos, e assim sucessivamente até todos os grupos passem pelas quatro mesas. Para cada Mesa, existe a OQR das atividades.

A síntese das aulas se inicia, após todos os grupos realizarem as atividades, com a assembleia para discussão dos conceitos envolvidos nas experiências. O professor deve anotar as ideias chaves no quadro para observar se os educandos apresentam os conceitos tais como: decomposição das cores, mistura de cor-luz e cor-pigmento, cor de um objeto relacionada à reflexão da luz no material, o olho capta a cor refletida pelo material, material preto absorve todas as cores. No entanto, o professor deve estar preparado para que as respostas surjam de maneiras diferentes, tornando necessário a organização das ideias apresentadas pelos alunos para que ocorra a conceituação correta dos fenômenos observados. Ao final da aula, o professor realiza o questionamento sobre a forma como percebemos as cores dos objetos, registrando as respostas dos educandos.

### Momento 3 – A visão

O Momento 3 tem a finalidade de discutir o sentido da visão e o órgão responsável pela mesma, o olho.

Aulas 8: O professor retoma as respostas apresentados pelos alunos no questionamento feito ao final do momento 2, e abrir a discussão sobre a importância de compreender os elementos que compõe o olho e, conseqüentemente, o processo de visão. Após a discussão, como motivação da aula, o professor apresenta, em forma de slides, algumas imagens tiradas do simulador (Color - Vision) <sup>10</sup> utilizado na experiência da Mesa 1 e

---

<sup>10</sup> Disponível em <[https://phet.colorado.edu/sims/html/color-vision/latest/color-vision\\_en.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/color-vision/latest/color-vision_en.html)>. Acesso em: 20 abr. 2017.

questiona os alunos sobre a forma que a luz chegou até os olhos da personagem apresentada no simulador e quais são os componentes do olho que permitem observar as cores.

Depois que os alunos respondem aos dois questionamentos, dá-se início ao desenvolvimento da aula, o professor apresenta, na forma de slides, todas as estruturas do olho e suas funções. Durante a apresentação é importante a participação dos educandos, por isso, faz-se necessário questioná-los 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 alunos sobre o assunto abordado.

A apresentação de slides sobre as estruturas dos olhos e suas funções leva em torno de 20 minutos com pequenas variações de tempo, pois os alunos podem e devem questionar Aula 9: Na aula, os alunos são divididos em grupos para observar utilizando a Caixa, sendo está prática a mesma em todas as caixas. Dentro de cada Caixa existe retângulos de cartolina, onde estão pintadas as cores primárias e secundárias para o pigmento, esse material foi desenvolvido pelos alunos na experiência da Mesa 2, Momento 2, Aulas de 4 a 7. Os alunos observam os retângulos seguindo o OQR entregue pelo professor. Os alunos observam, primeiramente, a 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 e devem ser entre trinta segundos a um minuto. Passado o tempo de adaptação, o aluno deve tentar observar o que há dentro da Caixa, como também perceber quais as mudanças percebidas pela visão no ambiente com pouca luminosidade.

Após a observação, o aluno acende as lâmpadas seguindo a OQR, e realiza 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 auxilia os grupos nas observações e sempre os questiona sobre as sensações que surgem durante a realização da atividade.

A síntese da aula ocorre após todos os grupos observarem a Caixa, onde o professor faz a discussão, na forma de assembleia, das repostas para identificar se os alunos percebem a variação da percepção dos objetos quando o ambiente possui pouca ou muita luminosidade. O professor sana possíveis dúvidas dos alunos, além de corrigir repostas equivocadas que surjam na discussão.

#### Momento 4 – Espectros de cores?

O Momento 4 retoma as conclusões dos Momentos 1, 2 e 3, para elencar a falta de um elemento para compreender o processo de cores e sua percepção.

Aulas 10 e 11: Na motivação, o professor deverá retomar as respostas apresentadas pelos alunos na experiência da Mesa 4, Momento 2, Aulas 4 a 7, que envolve a observação das lâmpadas com o espectrômetro, para identificar as semelhanças e diferenças existentes nas lâmpadas.

Em seguida, dá-se início ao desenvolvimento da aula, onde o professor solicita que os alunos formem grupos para desenvolver a atividade envolvendo o espectrômetro e filtros de cores. O professor deve informar 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. Durante a atividade o professor caminha entre os grupos para sanar possíveis dúvidas ou equívocos ao realizar a atividade. No decorrer da observação espera-se que os alunos combinem os três filtros para observar a luz emitida pelas lâmpadas. Não ocorrendo essa possibilidade, o professor indaga aos 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, a luminosidade é observada. 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 com auxílio de slides o conceito de espectro eletromagnético.

A síntese da aula ocorre ao final da apresentação, onde o professor faz uma breve discussão para identificar se os alunos perceberam a variação dos espectros das lâmpadas. O professor sana possíveis dúvidas dos alunos, além de corrigir repostas equivocadas que surjam da discussão.

#### Momento 5 – Fóton em cores?

O Momento 5, dessa sequência de aulas, discute a percepção da cor e sua relação com o fóton.

Aulas 12 e 13: Na motivação, o professor retoma as discussões da aula anterior sobre espectros de emissão, reforça definições e conceitos necessários 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, são apresentados os fatores que interferem na percepção da cor, o comprimento de onda, a frequência, a saturação e a luminosidade.

Ao final da apresentação e discussão com os alunos, dá-se início ao desenvolvimento da aula, organizando os grupos para trabalhar com a caixa de percepções. Os alunos

desenvolverão três experiências, listadas a seguir: Experiência 1 – escala de tonalidade - tela pintada com diferentes graduações (faixas) da mesma cor: os alunos fazem duas observações de uma tela que foi pintada com diferentes saturações da mesma cor, para essa aula foi utilizada a cor-pigmento vermelha, e está ilustrada na Figura 21 do Capítulo 4). A primeira observação é feita dentro da caixa de cores, obedecendo o tempo de adaptação dos olhos e 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 é feita com a luz ambiente, pois assim a luminosidade aumenta em relação as lâmpadas da caixa de cores. Experiência 2 - Luminosidade e comprimento de onda - conjunto de sólidos geométrico e filtros de cor: 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 da luz incidente para identificar as cores dos objetos. Ao final da segunda experiência, o professor faz uma discussão com os alunos sobre as observações e respostas apresentadas para identificar se ocorreu a compreensão sobre os conceitos relacionados a percepção das cores e a Experiência 3 - Esfera modelo - esfera de isopor produzida com listras azul e branca para reproduzir uma situação semelhante a cor original do vestido, que foi uma das primeiras situações motivacionais do presente Produto, porém este fato é desconhecido dos alunos, ou seja, as cores da esfera não são de conhecimento dos mesmos. A esfera é observada pelos alunos, considerando a presença dos filtros de cor e o aumento gradativo da luminosidade ambiente pelas lâmpadas. Os alunos marcam o tempo de adaptação, observam o objeto dentro da caixa e respondem ao OQR sobre a cor do objeto. Após todos os grupos apresentarem suas respostas, o professor abre a caixa e apresenta a esfera, revelando as cores que estão pintadas nela.

As três experiências serão desenvolvidas seguindo orientações entregues pelo professor, ao final de cada observação os alunos devem responder a OQR. O tempo para observação e registro de cada atividade será de 10 minutos. As atividades foram replicadas para que todos os grupos desenvolvam as mesmas experiências de forma simultânea.

Finalizada as três atividades, o professor faz a síntese da aula, solicitando que os grupos se reúnam para elaborar um parágrafo sobre a forma como percebemos as cores e todos expõem suas conclusões em forma de assembleia.

Momento 6 – Compondo com cores

O momento 6 é destinado a composição de diferentes combinações de objetos para observação na caixa de cores e, assim, identificar os conceitos relacionados à percepção das cores.

Aulas 14 e 15: Como motivação das aulas, o professor solicita aos educandos que utilizem os materiais colocados sobre as mesas para compor situações com objetos, luz e cor, a serem observadas na caixa de cores.

No desenvolvimento das aulas, os grupos já formados ocupam uma mesa com a caixa de percepções para desenvolver suas composições e observá-las. Durante a atividade, o professor passa pelos grupos para identificar possíveis dúvidas na organização da mesma, além de realizar questionamentos aos educandos sobre quais conceitos estão relacionados à percepção das cores dos objetos.

Para síntese dessas aulas, o professor solicita que os alunos observem suas composições e identifiquem os conceitos relacionados à cor e à sua percepção.

### 5.3 INVESTIGAÇÃO DA APRENDIZAGEM

A avaliação consiste no processo de investigar se a aprendizagem dos conceitos relacionados aos objetivos propostos no Produto, foram alcançados. Os princípios da avaliação seguiram as concepções de ensino-aprendizagem apresentadas no marco teórico que orientaram as ações do docente.

A avaliação ocorreu de formas distintas, uma primeira foi a observação do professor durante o desenvolvimento das atividades experimentais, foram observados os aspectos de interação entre os alunos, se ocorreram diálogos entre os membros do grupo para a organização da coleta de informações e observações pertinentes. A segunda forma de avaliação foi de caráter individual, pois os alunos tinham um questionário das atividades desenvolvidas, o mesmo foi recolhido ao final de cada momento para análise posterior.

A terceira forma de avaliação ocorria ao final de cada momento, era realizada a plenária para se discutir as respostas aos questionamentos, nesse momento o professor sanava possíveis dúvidas, apresentava a discussão mais aprofundada do assunto e, em diálogo com os alunos, retomava os erros conceituais apresentados.

De forma geral, os Momentos 1 a 5 foram avaliados seguindo os mesmos critérios, pois todos eles apresentavam questionários, práticas a serem desenvolvidas em grupo e plenária. Durante o desenvolvimento dos momentos, o professor caminhou entre os grupos para observar todo o processo de desenvolvimento da atividade, fazendo inserções quando

necessário, mas sem expor o conceito investigado, mas mediando determinadas discussões e observações. Nessa condição, há outra forma de avaliação, pois o professor fazia a inserção e observava se o educando corrigia ou modifica suas considerações.

O Momento 6 foi avaliado pela observação e produção dos alunos, pois, nesse momento, eles tinham a liberdade para criar situações que abordassem conceitos discutidos durante todo o processo de aprendizagem. Durante a atividade, de composição de uma situação com objetos, luz e cor, o professor analisava a forma de organização, desenvolvimento e discussão dos alunos referente ao exposto nas suas práticas.

#### 5.4 INVESTIGAÇÃO DO MÉTODO DE ENSINO

Referente ao método de ensino desenvolvido pelo professor, procurou-se investigar o êxito no desenvolvimento das atividades, referentes aos seguintes aspectos:

**Aprendizagem significativa** – A sondagem de aprendizagem significativa dos conceitos, pela interação entre o conhecimento novo com os subsunçores preexistente na estrutura cognitiva do aluno, segundo a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel. Acredita-se que para essa concepção, foram desenvolvidas estratégias para se investigar a existência de subsunçores sobre os conceitos de cor e sua percepção na estrutura cognitiva dos alunos, como também de apresentar e demarcar organizadores prévios nas atividades propostas que serviram para a compreensão e aquisição de um novo conceito com significado nas atividades posteriores.

**Zona de desenvolvimento proximal** – A indicação da efetivação da mediação propostas nas atividades para que o aluno transforme o conhecimento potencial e conhecimento real por meio da interação social, segundo a teoria da mediação de Vygotsky. Para atender a esta concepção, efetuou-se a proposição de atividades que tiveram como finalidade a negociação de significados de conceitos discutidos durante os Momentos, além de observar como os alunos interagem a situações-problemas propostas nas experiências.

**Dialogicidade de Freire** – A verificação da potencialidade de momentos de diálogo propostos nas atividades em levar o educando a externalizar o conhecimento, concepções e opiniões preexistente e, assim, contribuir para processo de aprendizagem como o educando-educador, segundo a teoria da dialogicidade de Freire. Na concepção da dialogicidade, foram desenvolvidas as atividades de modo a ocorrer a participação ativa do educando, possibilitando que ele expusesse suas concepções acerca dos conceitos estudados, por meio do diálogo entre os demais educando e o professor.

## 5.5 MÉTODO DE ANÁLISE DE DADOS

Para a análise das respostas apresentadas pelos alunos no desenvolvimento das experiências se considerou a análise de conteúdo preconizando, a similitude entre as respostas formuladas pelo professor e as apresentadas pelos alunos, segundo o critério de similitude, segundo Camargo e Justo (2013). Os dados coletados para a análise foram extraídos das OQR's respondidas pelos alunos em cada aula desenvolvida. Para organização das informações foram selecionadas nas OQR's do professor palavras-chaves para cada resposta de cada questionamento contido no material. Depois de escolhidas as palavras-chaves, organizou-se os possíveis sinônimos a essas, pois o aluno poderia apresentá-los como respostas. Com as palavras-chaves e seus respectivos sinônimos selecionados, elaborou-se tabelas com as informações contidas nas respostas dos alunos considerando as mesmas e/ou seus sinônimos, e se obteve uma porcentagem. A forma de determinar a porcentagem foi embasada na regra de proporção, considerando-se o número total de participantes que responderam aos questionamentos e o número de vezes que apareceram as palavras-chaves ou seus sinônimos. Todo o processo foi feito manualmente.

Nessa perspectiva, é importante definir o significado da análise de conteúdo que, para Bardin (1977), vem a ser um conjunto e técnicas de análises de comunicações. Segundo o autor, a análise de conteúdo não se trata de um instrumento, mas um conjunto de ferramentas diversas que permite à adaptação do processo de análise de conteúdo a um vasto campo das comunicações. Ele considera a análise de conteúdo um processo empírico dependente do tipo de fala a que se dedica e ao tipo de interpretação que se tem como objetivo. Para ele não existe um processo de análise de conteúdo pronto para ser aplicado, mas algumas regras que são dificilmente transponíveis e a técnica de análise de conteúdo deve ser reinventada a cada momento, considerando o domínio e o objeto pretendidos.

Segundo Ander-Egg (1978) a análise de conteúdo possui três fases principais. A primeira estabelece a unidade de análise, referindo-se ao elemento básico da referida análise, correspondendo às palavras chave e/ou às proposições sobre o assunto. A segunda fase é para determinar a categoria de análise, referindo-se a seleção e a classificação dos dados, ou seja, define a categoria na qual se identifica os dados coletados. A terceira fase estabelece a seleção de uma amostra do material de análise que esteja dentro dos critérios adotados para a seleção.

## 5.6 CARACTERIZAÇÃO DO CAMPO DE APLICAÇÃO

Os sujeitos da pesquisa e o local para desenvolvimento e aplicação do produto, foram os alunos dos três anos do Ensino Médio do colégio da rede privada, Instituto Cristão, situado à Rodovia Guataçara Borba Carneiro, km 03, no município de Castro, no estado do Paraná. Os alunos participantes foram divididos em grupos que contemplavam indivíduos dos três anos do Ensino Médio da Educação Básica. O colégio localiza-se na zona rural, aproximadamente a 06 km do centro da cidade. A clientela é oriunda de vários níveis de renda familiar e de diferentes graus de escolaridade.

O referido colégio tem por objetivo a formação do cidadão responsável, consciente e produtivo, por meio de princípios morais e cristãos vinculados à formação acadêmica consistente. Seu ensino está comprometido com a excelência acadêmica e com a formação de cidadãos no exercício profissional com competência, criatividade, iniciativa, disciplina e dedicação. (PROJETO POLÍTICO PEDAGÓGICO DO COLÉGIO INSTITUTO CRISTÃO, 2018, p. 12).

## 5.7 CARTA DE APRESENTAÇÃO, DADOS CADASTRAIS E TERMO DE AUTORIZAÇÃO

Prezada Neiva de Fatima Bueno da Silva

Diretora do Colégio Instituto Cristão

Endereço: Rodovia Guataçara Borba Carneiro, km 03 Castro - Paraná | Brasil

Eu, Prof. Dr. André Maurício Brinatti, venho, por meio desta, me apresentar como docente do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física (PPGEF), no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física MNPEF, polo 35, Sociedade Brasileira de Física (SBF) e Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG) e orientador do Prof. Marcos Damian Simão, discente do referido Programa de Pós Graduação

Também venho esclarecer que para que o Prof. Marcos logre êxito em seu mestrado é necessário que ele aplique o material educacional que ele desenvolve no momento junto ao PPGEF-MNPEF-UEPG, denominado de produto educacional, com a finalidade de testar o mesmo. Sendo que o teste, conforme acordado anteriormente, será aplicado na escola sob sua direção em contraturno, cujo espaço nos foi gentilmente cedido. Porém, com o intuito de realizar um trabalho com maior completude, ele aplicará também dois outros produtos educacionais. Saliento que os dois produtos foram elaborados, testados, finalizados e

divulgados em forma de dissertação desenvolvidos por outros alunos do mestrado no PPGEF-MNPEF-UEPG e que estão cientes do uso do material pelo Prof. Marcos. Assim, este conjunto de ações, que compõem as atividades que o Prof. Marcos fará em contraturno no espaço gentilmente cedido pela direção durante o primeiro semestre de 2017, com provável reedição para o segundo semestre 2017 será de grande valor para todos.

Para maior clareza, os dois produtos utilizados nas atividades propostas pelo Prof. Marcos são:

Autor: Luís Alexandre Rauch

Produto Educacional: Nas Cordas dos Instrumentos Musicais

RAUCH, L. A. Nas cordas dos instrumentos musicais. 2016. 307 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Programa de Pós Graduação em Ensino de Física, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa. 2016.

Autor: Romeu Nunes de Freitas

Produto Educacional: O Fóton em Foco: relações entre cor, frequência e energia de radiações eletromagnéticas.

Freitas, R. N. Física moderna e contemporânea na educação básica: uma abordagem experimental com ênfase em algumas interações da luz com a matéria. 2016. 131 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Programa de Pós Graduação em Ensino de Física, Universidade Estadual de Ponta Grossa. Ponta Grossa. 2016.

E o nome provisório do projeto desenvolvido pelo Prof. Marcos é:

Autor: Marcos Damian Simão

Produto Educacional: Cor à luz da Física Moderna

O cronograma de atividades elaborado para o primeiro semestre de 2017 está anexado na folha a seguir.

Certamente, em qualquer divulgação dos resultados dos trabalhos que sejam relativos às atividades realizadas pelo Prof. Marcos atribuiremos os devidos agradecimentos à escola pelo espaço aberto gentilmente cedido.

Além disso, tomaremos os devidos cuidados em relação a divulgação dos resultados e, certamente, cada pai ou responsável deverá ter ciência e conhecimento dos documentos:

- Dados cadastrais para participação na aplicação do Produto Educacional do Mestrado Profissional em Ensino de Física da Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Sem mais para o momento,

Agradecemos.

---

Prof. Dr. André Maurício Brinatti

---

Prof. Marcos Damian Simão.

Ponta Grossa, 03 de maio de 2017.

Dados cadastrais para participação na aplicação do Produto Educacional do Mestrado Profissional em Ensino de Física da Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Professor (mestrando) responsável: Marcos Damian Simão

Orientador: Prof. Dr. André Maurício Brinatti

Aluno (a):

---

Nome do responsável:

---

Endereço: \_\_\_\_\_

Telefone de contato: \_\_\_\_\_ e-mail: \_\_\_\_\_

Série: \_\_\_\_\_ turma: \_\_\_\_\_

Idade: \_\_\_\_\_.

Em qual instituição cursou o ensino fundamental? Pública ( ) Privada ( )

Qual o motivo para participar da atividade?

---



---



---



---

#### TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE USO DE IMAGEM

Eu, \_\_\_\_\_, nacionalidade \_\_\_\_\_, estado civil \_\_\_\_\_, portador(a) da Cédula de identidade RG nº. \_\_\_\_\_, e CPF/MF nº \_\_\_\_\_, residente à Av/Rua \_\_\_\_\_, nº. \_\_\_\_\_, município de \_\_\_\_\_/Paraná, responsável pelo(a) menor, \_\_\_\_\_, nacionalidade \_\_\_\_\_,

AUTORIZO o uso de dados, de resultados e de imagens, do(a) menor acima qualificado(a) em todo e qualquer material de divulgação tais como, dissertação, resumos e artigos de divulgação científica, em eventos, congressos e outras formas de apresentação. Tais dados, resultados e imagens serão utilizados para comprovação da aplicação do produto educacional, vinculado a dissertação de Marcos Damian Simão discente do Mestrado Profissional em Ensino de Física da Universidade Estadual de Ponta Grossa, sejam essas destinadas à divulgação ao público em geral. Porém, ressalta-se que em qualquer dessas situações de divulgação será preservado a identificação do menor acima citado. A presente autorização é concedida a título gratuito, abrangendo o uso de dados, de resultados e de imagens acima mencionados em todo território nacional e no exterior. Por esta ser a expressão da minha vontade declaro que autorizo o uso acima descrito sem que nada haja a ser reclamado a título de direitos conexos à imagem do menor acima qualificado ou a qualquer outro, e assino a presente autorização. \_\_\_\_\_, dia \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

\_\_\_\_\_  
(Assinatura)

Nome do aluno: \_\_\_\_\_

Por seu Responsável Legal: \_\_\_\_\_

Telefone p/ contato: \_\_\_\_\_

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesse capítulo, apresenta-se a discussão dos resultados da aplicação do produto educacional conforme o descrito no capítulo 5.

### 6.1 ANÁLISE DO MOMENTO 1

Conforme descrito no item 5.2, do capítulo 5, a Aula 1 teve início com a apresentação de quatro imagens, uma por vez, de um mesmo vestido. Após a observação, os alunos responderam ao questionamento sobre qual era cor do vestido. Os alunos apresentaram como respostas as cores branco e dourado; azul e dourado; azul e preto. Na sequência, foi apresentada a segunda imagem do vestido e realizado o mesmo questionamento aos alunos. Importante ressaltar que, para segunda imagem, a maioria dos educandos admitiram que a cor do vestido era azul e preta, outros ficaram em dúvida sobre ser azul e dourado. Na terceira imagem, que apresentou a real cor do vestido, os alunos foram unânimes em afirmar que a cor era azul e preta. A quarta imagem era formada pelas três versões do vestido, apresentadas anteriormente, e os alunos foram questionados sobre qual o verdadeiro vestido. Os alunos, em sua grande maioria, afirmaram que era o mesmo vestido, mas em cores diferentes. Houve questionamentos sobre a possibilidade da imagem ter passado por manipulação gráfica, o que justificaria a mudança de cores.

Ao final da apresentação, foi realizado o questionamento sobre quais os conceitos físicos relacionados ao fenômeno observado. Foram mencionados os conceitos de luz, radiação, reflexão, e alguns educandos mencionaram o conceito de fóton, tendo em vista que este conceito foi anteriormente discutido com a aplicação do trabalho de Freitas (2016) denominado: Fóton em Foco.

Finalizada a discussão dos conceitos apontados pelos alunos, foram apresentados vídeos que relacionavam o fenômeno observado no vestido e a influência das cores na sensação. Ao final de cada vídeo, os alunos respondiam questões contidas no OQR.

O primeiro vídeo abordou uma reportagem sobre o efeito observado no vestido, a repórter apresentou a explicação do ponto de vista de um psiquiatra que relacionou o efeito com uma ilusão de luminosidade. Após o vídeo, os alunos responderam às perguntas contidas no OQR e o professor fez uma discussão em forma de assembleia retomando as questões propostas no material. No quadro 6.1 na página 78, é apresentada a porcentagem das respostas dos educandos em acordo com a similitude da resposta apresentada pelo professor.

Interessante ressaltar que alguns alunos comentaram o fato de mudança de luminosidade estar relacionada à quantidade de fótons que chegam até os olhos, o que poderia interferir na percepção da cor do vestido. Foi solicitado que os alunos registrassem esse comentário para discussões posteriores, pois o mesmo seria esclarecido.

O segundo vídeo apresentou uma situação na qual o proprietário de um estabelecimento estava em dúvida sobre qual a cor ideal para decorar o ambiente de seu negócio. O vídeo abordou os conceitos de cores primárias e secundárias, além de classificá-las como cores quentes, frias e neutras do ponto de vista da arte. Nos minutos finais do vídeo, explora-se como a cor influencia nas sensações, fator importante para a escolha da cor correta para pintar um ambiente. Finalizado o vídeo, os alunos repetiram o processo de responder material OQR e depois discutir em assembleia. Durante a discussão, é interessante ressaltar que os alunos não questionaram a abordagem sobre as cores apresentada no vídeo. A discussão se deteve ao caráter social que a cor insere, como também o contexto psicológico apresentado.

O terceiro vídeo abordou a importância das cores na publicidade, apresentando uma propaganda em duas perspectivas, uma apenas em preto e branco e a outra com diversas cores. Os alunos, após responderem os questionamentos do vídeo, abriram a discussão elencando as diferentes sensações os sentimentos causados pelo vídeo. Ao final da discussão do terceiro vídeo, os alunos foram questionados sobre os conceitos físicos estarem relacionados ao fenômeno observado no vestido. Conceitos como a luz, o comprimento de onda, a frequência, e fótons surgiram na fala dos alunos, visto que os conceitos de comprimento de onda e frequência foram abordados na aplicação do trabalho de Rauch (2016) e o conceito de fóton havia sido discutido na aplicação do trabalho de Freitas (2016) mencionado anteriormente. Como parte do processo de avaliação dessa aula foi solicitado que os educandos discutissem em grupo e elaborassem hipóteses para responder à pergunta: A luz é responsável por percebemos as cores? As hipóteses elaboradas pelos educandos, estão contidos ao final do quadro 6.1.

Na Aula 2 do Momento 1, os alunos começaram a investigar as hipóteses elaboradas. Para compreender o processo de observação da Caixa, descrita no item 5.1 do capítulo 5, foi importante desenvolver atividades que discutissem os conceitos da óptica geométrica, como os princípios da propagação retilínea, independência dos raios luminosos e a classificação dos materiais como sendo transparente, translúcidos e opaco. Com o início da aula, foram retomadas as hipóteses dos alunos e feita uma breve discussão, depois formaram-se grupos, os quais ocuparam uma mesa que continha uma Caixa. Foi informado aos alunos o tempo

necessário de observação de cada Caixa, depois de finalizado o tempo de observação cada grupo trocava a Caixa a ser observada. A ordem de troca das Caixas foi conforme descrito no Quadro 5.1 do item 5.2 capítulo 5. Durante a atividade de cada grupo, foi interessante observar a forma que se organizaram para a atividade, enquanto um dos membros observava a Caixa, outro instruía a forma de observação. Os alunos conversavam entre si para comparar suas respostas e confirmar o que foi observado, quando as respostas divergiam os mesmos retornavam a observar a Caixa. Em todos os grupos, a primeira questão gerou dúvidas, pois se tratava da investigação do fato deles saberem sobre o tempo de adaptação visual para observação com pouca luminosidade. Devido ao fato deles apresentarem essa dúvida, pode-se considerar que a atividade inicial e o questionamento tornaram-se um organizador prévio para o conceito de adaptação visual. Os grupos apresentaram dúvidas quanto ao material utilizado dentro das caixas, para o material transparente, onde foi utilizado o vidro, os educandos afirmavam que não havia material algum no suporte. Também é interessante ressaltar que mesmo sendo o objetivo da observação relacionar os tipos de materiais, os alunos mencionavam, em suas observações, a formação de sombras nos suportes dentro das caixas, ou seja, o conceito de sombra surge como subsunção entre os alunos no momento da observação. Porém, não se havia discutido o conceito de sombra e penumbra, de uma forma mais elaborada, isto ocorreria na terceira aula. Quando os grupos passavam a observar a quarta Caixa, que continha os filtros de cor, os mesmos ficaram surpresos pela mistura de cores projetada na tela branca e na face central do sólido geométrico de forma triangular, uma vez que os filtros eram em três cores apenas, e na mistura surgiam outras. Um dos alunos mencionou que poderia ser uma interferência construtiva que permitia a mistura das cores na tela, o comentário foi considerado e o professor solicitou o registro dessa observação fosse feito para discussões posteriores. Ao final das observações, ocorreu a assembleia com todos os grupos para discutir as respostas apresentadas e, novamente, o questionamento sobre o que se observou com todas as luzes desligadas retornou, pois, todos os grupos responderam que não enxergavam nada. Porém, o professor questionou os mesmos se realmente não era possível observar o interior da caixa, alguns alunos comentaram que deveria haver algum modo de se observar com as lâmpadas desligadas, essa questão foi anotada por alguns alunos para responder no decorrer das aulas. Vale ressaltar que, apesar da caixa barrar a luminosidade, isto não foi total. Logo foi possível enxergar porque o olho se adapta a quantidade de luz recebida. Após a apresentação e discussão das respostas, foi solicitado aos grupos que classificassem os materiais contidos e utilizados nas caixas, porém, ao classificar a caixa número quatro que continha somente os filtros com três cores, alguns grupos ficaram

em dúvida porque não consideraram que os filtros se comportavam como materiais translúcidos. Na assembleia, foi discutida a forma que os alunos classificaram os materiais e esta dúvida foi sanada.

Para a Aula 3, os mesmos grupos repetiram o processo de observação, mas agora cada Caixa continha uma configuração diferente, elas estavam organizadas de modo a observar a formação de sombras e penumbras, além do efeito das sombras coloridas na quarta Caixa que continha os filtros de cor.

Durante a observação da Caixa, identificou-se que os alunos desenvolveram a atividade com mais cautela e atenção, este fato foi notado porque os grupos levaram alguns minutos a mais do que estipulado pelo professor e isto, possivelmente, pode ser um reflexo do interesse que as primeiras aulas despertaram na grande maioria, porém seria necessário acompanhar esse comportamento dos alunos nas aulas seguintes, para se ter a confirmação da evolução na participação e comprometimento. Nas duas primeiras Caixas, que continham materiais e fontes luminosas de diferentes tamanhos, os alunos apresentaram as maiores discussões, uma vez que alguns não identificaram as regiões de penumbra na configuração montada. Deve-se ressaltar que não foram enunciados os conceitos de sombra e penumbra para os grupos. Esse fato justifica o comentário descrito acima, pois os grupos acabavam observando a Caixa novamente para identificar as diferentes regiões. Na quarta Caixa, que havia um conjunto de filtros e um objeto opaco, os alunos ficaram intrigados pela configuração de cores apresentadas, alguns comentavam que a sombra se tornou colorida quando se acendia mais de uma lâmpada, o que era um dos objetivos da aula, ou seja, os alunos perceberam o fenômeno das sombras coloridas. Apesar da constatação dos grupos sobre a formação das sombras coloridas, os mesmos apresentaram dificuldade em justificar como ocorreu esse processo, porém, no momento da assembleia, foi retomada essa discussão. Primeiramente, o professor discutiu as respostas dos grupos e enfocou a importância da observação para compreender o fenômeno das sombras coloridas. Para uma melhor compreensão do fenômeno, o professor desenhou no quadro de giz as situações apresentadas em cada Caixa e junto com todos os alunos desenhou as sombras observadas.

Para cada configuração, o professor questionou os alunos onde se formavam as regiões não iluminadas, com as respostas, o professor justificava que essas regiões são chamadas de sombra e, assim, foi reproduzindo com os grupos as sombras na caixa. Quando duas lâmpadas foram acesas duas regiões surgiam, os alunos responderam que eram regiões de penumbra, pois a região que antes era sombra de uma lâmpada foi iluminada pela segunda lâmpada. Assim, os alunos, com as suas observações, conseguiram identificar a variação nas

regiões de sombra e penumbra nas caixas. Na sequência da assembleia, foi mostrado com o auxílio do projetor de multimídia a imagem das sombras coloridas feitas com a caixa para explicar aos alunos como ocorreu o processo, mas devido ao fato de se discutir a formação das sombras antes, os alunos já mencionavam que a região que era sombra para uma lâmpada ficava na cor da outra lâmpada que estava acesa e, assim por diante, e quando as regiões de sombra ou penumbra de duas lâmpadas coincidiam, ocorria a mistura, resultando em uma terceira cor. Ao final da discussão, o professor esclareceu que as cores dos filtros eram as cores primárias para a luz. Justificou que a formação das sombras se deve a relação entre as dimensões do objeto e da fonte luminosa, além de evidenciar que esse efeito ocorre pelo princípio da propagação retilínea da luz. Enquanto a composição das cores está de acordo com o princípio da independência dos raios luminosos. Estes fatos puderam ser concluídos, com o auxílio do professor, quando os alunos perceberem a formação de sombras coloridas.

Quadro 6.1 - Resposta do questionário da Aula 1 do Momento 1

(continua)

<b>Momento 1: Que Cor é?</b>				
Questão 1: De acordo com a repórter Sandra Annerberg o que influencia a cor do vestido?				
Resposta do professor (RP): De acordo com a repórter, a forma como o cérebro interpreta a mudança de luminosidade durante o dia.				
Palavras-chaves	Cérebro	Interpretar-similitude (s): explicar, considerar		Luminosidade – s: iluminação, brilho, luz
Respostas (%)	87,5	62,5		62,5
Questão 2: Qual elemento que afeta a sensação da cor do vestido?				
RP: A sensação da variação de cores observada no vestido, está ligada ao fato da mudança de luminosidade durante o dia.				
Palavras-chaves	Luminosidade – s: iluminação, brilho, luz			
Respostas (%)	100			
Questão 3: Qual a situação apresentada no vídeo?				
RP: 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.				
Palavras-chaves	A escolha da cor – s: cor escolhida, decisão da cor, busca da cor, que cor usar	Classificação das cores	Explicação – s: interpretação, razão, causa, como	Sensação – s: sentimento, emoção, percepção
Respostas (%)	87,5	0,0	25	68,75
Questão 4: Como foram classificadas as cores?				
RP: Foram classificadas como, cores quentes, frias e neutras.				
Palavras-chaves	Cores quentes – s: laranja, amarelo e vermelho	Cores frias – s: verde, roxo e azul	Cores neutras – s: branco, preto e cinza	
Respostas (%)	100	100	100	
Questão 5: Qual a influência da cor na nossa sensação?				
RP: 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.				
Palavras-chaves	Diferentes sensações – s: despertar, sensação, influência, sentimentos		Interpretação do cérebro – s: representação, compreensão, alteração	
Respostas (%)	93,75		6,25	

Fonte: O autor.

Quadro 6.1 - Resposta do questionário da Aula 1 do Momento 1

(conclusão)

Questão 6: Qual a sensação que trouxe o vídeo na primeira situação preto e branco? E na segunda situação colorido?					
RP: 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, vídeo trazia um sentimento de alegria.					
Palavras-chaves	Monótono – s: entediante, chato, sem mudança, sem sentido		Sentimentos – s: alegria, tristeza, paz, seriedade, leveza, harmonia		
Respostas (%)	25		100		
Questão 7: A cor influencia nossa sensação?					
RP: Sim, pois a sensação, os sentimentos que as cores despertam estão relacionados com a interpretação feita pelo cérebro.					
Palavras-chaves	Sim – s: certo, afirmativo, correto	Cores – s: cor, coloração	Sensação – s: sentimentos, emoção, frio, calor, alegria, tristeza	Interpretação do Cérebro – s: influência, representação, resposta	
Respostas (%)	93,75	56,25	68,75	12,5	
Hipóteses elaboradas pelos educandos					
Grupo 1: A luz do meio interfere na onda que chega aos nossos olhos, sendo assim, uma mudança mínima de posição pode interferir na “cor” de cada onda.					
Grupo 2: Os fatores que podem influenciar nossa percepção das cores não são somente físicos, como a luminosidade, mas também sensitivos e psicológicos. Esses fatores fazem com que uma mesma imagem traga sensações completamente diferentes para pessoas diferentes, por conta da construção social e estado psicológico do ser humano.					
Grupo 3: Se for levar em conta a luz, ela nos dá a percepção de cores diferentes à medida que a manipulamos. Um exemplo é a escuridão.					
Grupo 4: A luz influencia sim, pois para podermos criar a imagem, e dar as cores é preciso ter uma entrada de luz pelos nossos olhos, a qual passa pela retina.					
Observação: As hipóteses apresentadas pelos educandos foram colocadas no quadro na forma original.					

Fonte: O autor.

Quadro 6.2 - Resposta do questionário das Aula 2 e Aula 3 do Momento 1

(continua)

<b>Questão 8: O que observou dentro da caixa com as lâmpadas apagadas?</b>					
RP: 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.					
Palavras-chaves	Ecuridão – s: nada, ausência, solidão		Adaptar – s: acomodar, modificar, alterar		
Respostas (%)	100		0,0		
<b>Questão 9: Qual sua reação ao ascender uma das lâmpadas?</b>					
RP: Um incomodo nos olhos, ardência e sensibilidade a luz.					
Palavras-chaves	Sensibilidade a luz – s: ardência, dor, ardor, alívio, incomodo				
Respostas (%)	31,25				
<b>Questão 10: Que elementos fazem parte da situação?</b>					
RP: Uma caixa escura contendo um conjunto com três lâmpadas, um objeto transparente em frente as lâmpadas e uma tela branca no fundo da caixa.					
Palavras-chaves	Caixa escura	Lâmpadas – s: fontes de luz, fonte luminosa	Objeto transparente – s: placa, plástico, vidro, objeto vazado, quadrado transparente	Tela branca – s: parede branca, fundo branco	
Respostas (%)	20	46,66	93,33	20	
<b>Questão 11: Descreva o que ocorreu durante o processo efetuado na atividade. Como sugestão pense na seguinte questão: A luz passou pelo objeto presente?</b>					
RP: 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 formou regiões não iluminadas ou pouco iluminadas a medida que as demais lâmpadas foram acesas.					
Palavras-chaves	Intensidade da Luz – s: luz, luminosidade, claridade	Região não iluminada – s: sombra, região escura, ausência de luz		Atravessou – s: passou, transpassou, contornou	
Respostas (%)	66,66	93,33		73,33	
<b>Questão 12: O que observou dentro da caixa com as lâmpadas apagadas?</b>					
RP: 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.					
Palavras-chaves	Ecuridão – s: nada, ausência, solidão		Adaptar – s: acomodar, modificar, alterar		

Fonte: O autor.

Quadro 6.2 - Resposta do questionário das Aula 2 e Aula 3 do Momento 1

(continuação)

Respostas (%)	100		0,0	
Questão 13: Qual sua reação ao acender uma das lâmpadas?				
RP: Um incomodo nos olhos, ardência e sensibilidade a luz.				
Palavras-chaves	Sensibilidade a luz – s: ardência, dor, ardor, alívio, incomodo			
Respostas (%)	40			
Questão 14: Que elementos fazem parte da situação?				
RP: Uma caixa escura contendo um conjunto com três lâmpadas, um objeto translúcido em frente as lâmpadas e uma tela branca no fundo da caixa.				
Palavras-chaves	Caixa escura	Lâmpadas – s: fontes de luz, fonte luminosa	Objeto translúcido – s: placa, plástico, papel manteiga, objeto fosco, quadrado translúcido	Tela branca – s: parede branca, fundo branco
Respostas (%)	20	66,66	93,33	26,66
Questão 15: Descreva o que ocorreu durante o processo efetuado na atividade. Como sugestão pense na seguinte questão: A luz passou pelo objeto presente?				
RP: 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 formou regiões não iluminadas ou pouco iluminadas a medida que as demais lâmpadas foram acesas.				
Palavras-chaves	Intensidade da Luz – s: luz, luminosidade, claridade	Região não iluminada – s: sombra, região escura, ausência de luz	Atravessou parcialmente – s: passou, transpassou, contornou	
Respostas (%)	53,33	66,66	73,33	
Questão 16: O que observou dentro da caixa com as lâmpadas apagadas?				
RP: 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.				
Palavras-chaves	Escuridão – s: nada, ausência, solidão		Adaptar – s: acomodar, modificar, alterar	
Respostas (%)	100		0,0	
Questão 17: Qual sua reação ao acender uma das lâmpadas?				
RP: Um incomodo nos olhos, ardência e sensibilidade a luz.				
Palavras-chaves	Sensibilidade a luz – s: ardência, dor, ardor, alívio, incomodo			

Fonte: O autor.

Quadro 6.2 - Resposta do questionário das Aula 2 e Aula 3 do Momento 1

(continuação)

Respostas (%)	46,66			
Questão 18: Que elementos fazem parte da situação?				
RP: Uma caixa escura contendo um conjunto com três lâmpadas, um objeto opaco em frente as lâmpadas e uma tela branca no fundo da caixa.				
Palavras-chaves	Caixa escura	Lâmpadas – s: fontes de luz, fonte luminosa	Objeto opaco – s: placa, plástico, papelão, parede, quadrado opaco	Tela branca – s: parede branca, fundo branco
Respostas (%)	20	66,66	100	20
Questão 19: Descreva o que ocorreu durante o processo efetuado na atividade. Como sugestão pense na seguinte questão: A luz passou pelo objeto presente?				
RP: 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 as outras lâmpadas foram acesas, formou-se regiões um pouco mais iluminadas, mas pelo fato da luz contornar as bordas do objeto e não por atravessar o mesmo.				
Palavras-chaves	Intensidade da Luz – s: luz, luminosidade, claridade	Região não iluminada – s: sombra, região escura, ausência de luz	Não atravessou – s: passou, transpassou, contornou	
Respostas (%)	53,33	80	80	
Questão 20: O que observou dentro da caixa com as lâmpadas apagadas?				
RP: 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.				
Palavras-chaves	Ecuridão – s: nada, ausência, solidão		Adaptar – s: acomodar, modificar, alterar	
Respostas (%)	100		0,0	
Questão 21: Qual sua reação ao acender uma das lâmpadas?				
RP: Um incomodo nos olhos, ardência e sensibilidade a luz.				
Palavras-chaves	Sensibilidade a luz – s: ardência, dor, ardor, alívio, incomodo			
Respostas (%)	13,33			
Questão 22: Que elementos fazem parte da situação?				
RP: Uma caixa escura contendo um conjunto com três lâmpadas, com filtros coloridos em frente as lâmpadas e uma tela branca no fundo da caixa.				

Fonte: O autor.

Quadro 6.2 - Resposta do questionário das Aula 2 e Aula 3 do Momento 1

(continuação)

Palavras-chaves	Caixa escura	Lâmpadas – s: fontes de luz, fonte luminosa	Filtros de cor – s: película, acrílico, placa, lentes, plástico, telas, meio translúcido	Tela branca – s: parede branca, fundo branco
Respostas (%)	20	86,66	93,33	46,66
Questão 23: Descreva o que ocorreu durante o processo efetuado na atividade. Como sugestão pense na seguinte questão: A luz passou pelo objeto presente?				
RP: 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.				
Palavras-chaves	Intensidade da Luz – s: luz, luminosidade, claridade	Região coloridas – s: espaço, faixas, parte	Atravessou parcialmente – s: passou, transpassou, contornou	
Respostas (%)	73,33	100	66,66	
Questão 24: Que elementos fazem parte da situação?				
RP: Uma caixa escura contendo um conjunto com três lâmpadas, um objeto triangular e opaco em frente as lâmpadas e uma tela branca ao fundo.				
Palavras-chaves	Caixa escura	Lâmpadas – s: fontes de luz, fonte luminosa	Triângulo opaco – s: objeto triangular, pirâmide	Tela branca – s: parede branca, fundo branco
Respostas (%)	38,8	50	100	38,8
Questão 25: O que ocorre quando a luz incide no objeto?				
RP: 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.				
Palavras-chaves	A luz propaga-se em linha reta – s: passa pelo objeto	Projeta região não iluminada – s: forma sombra, cria região de sombra		
Respostas (%)	0,0	100		
Questão 26: A intensidade da luz é a mesma à medida que as lâmpadas se acendem? Por quê?				
RP: 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.				
Palavras-chaves	Não é a mesma – s: muda, se altera, aumenta	Mais energia luminosa – s: mais intensa, mais forte, mais claro		
Respostas (%)	56,25	56,25		
Questão 27: 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.				

Fonte: O autor.

Quadro 6.2 - Resposta do questionário das Aula 2 e Aula 3 do Momento 1

(continuação)

RP: A 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. A medida que as outras lâmpadas foram acesas, formou-se regiões mais iluminadas. A cor manteve-se inalterada, tanto para a luz, quanto para o objeto.				
Palavras-chaves	Intensidade da luz aumentou – s: maior intensidade, mais luz, mais claro	Região não iluminada – s: sombra, formação de sombra	Região mais iluminada – s: penumbra, sombras mais claras, sombras menos intensas	Cor inalterada – s: cor não muda, cor é constante
Respostas (%)	11,76	88,23	47,06	11,76
Questão 28: Que elementos fazem parte da situação?				
RP: Uma caixa contendo um conjunto com três lâmpadas (menores), um objeto triangular e opaco em frente as lâmpadas e uma tela branca no fundo.				
Palavras-chaves	Caixa escura	Lâmpadas menores – s: fontes de luz menores, fonte luminosa pequenas, holofotes	Triângulo opaco – s: objeto triangular, pirâmide	Tela branca – s: parede branca, fundo branco
Respostas (%)	35,29	58,82	100	47,06
Questão 29: O que ocorre quando a luz incide no objeto?				
RP: 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 número 1.				
Palavras-chaves	Não atravessa – s: não passa		Projeta região não iluminada – s: forma sombra, cria região de sombra	
Respostas (%)	16,66		94,44	
Questão 30: A intensidade da luz é a mesma à medida que as lâmpadas se acendem? Por quê?				
RP: 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.				
Palavras-chaves	Não é a mesma – s: muda, se altera, aumenta		Mais energia luminosa – s: mais intensa, mais forte, mais claro	
Respostas (%)	44,44		44,44	
Questão 32: 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.				

Fonte: O autor.

Quadro 6.2 - Resposta do questionário das Aula 2 e Aula 3 do Momento 1

(continuação)

<p>RP: A 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, formou-se regiões um pouco mais iluminadas, mas pelo fato de a 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.</p>					
Palavras-chaves	Intensidade da luz aumentou – s: maior intensidade, mais luz, mais claro	Região não iluminada – s: sombra, formação de sombra	Região mais iluminada – s: penumbra, sombras mais claras, sombras menos intensas	Regiões mais definidas – s: mesmo tamanho, mais nítida	Cor inalterada – similitude – cor não muda, cor é constante
Respostas (%)	0,0	100	27,77	22,22	16,66
<p>Questão 33: Que elementos fazem parte da situação?</p>					
<p>RP: Um conjunto com três lâmpadas, três filtros (verde, vermelho e azul) e uma tela branca no fundo da caixa.</p>					
Palavras-chaves	Caixa escura	Lâmpadas menores – s: fontes de luz menores, fonte luminosa pequenas, holofotes	Três filtros coloridos – s: películas coloridas, lentes coloridas, placa coloridas, meio translúcido	Tela branca – s: parede branca, fundo branco	
Respostas (%)	18,75	87,5	87,5	43,75	
<p>Questão 34: O que ocorre quando a luz incide no objeto?</p>					
<p>RP: 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.</p>					
Palavras-chaves	Luz na cor referente ao filtro – s: luz da cor do filtro, luz colorida	Mistura de cores – s: cores que se modificam, cores misturas, composição de cores, sobreposição de cores			
Respostas (%)	43,75		87,5		
<p>Questão 35: A intensidade da luz é a mesma à medida que as lâmpadas se acendem? Por quê?</p>					
<p>RP: 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.</p>					
Palavras-chaves	Não é a mesma – s: muda, se altera, aumenta	Mais energia luminosa – s: mais intensa, mais forte, mais claro	Combinação de filtros – s: combinar a lâmpadas, combinação de cores, composição de cores dos filtros		

Fonte: O autor.

Quadro 6.2 - Resposta do questionário das Aula 2 e Aula 3 do Momento 1

(continuação)

Respostas (%)	68,75		37,5	43,75
Questão 36: 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.				
RP: A 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.				
Palavras-chaves	Intensidade da luz aumentou – s: maior intensidade, mais luz, mais claro		Combinação de cores – s: degrade de cores, mistura de cores, composição de cores	
Respostas (%)	0,0		87,5	
Questão 37: Formam regiões específicas na tela branca?				
RP: 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.				
Palavras-chaves	Sim		Composição das cores – s: mistura de cores, degrade de cores	
Respostas (%)	75		87,5	
Questão 38: A tela apresenta a mesma coloração? Justifique:				
RP: Não, a cor da tela muda de acordo com o número de lâmpadas ligadas, apresentam combinações de cores referentes aos filtros utilizados.				
Palavras-chaves	Não	Muda de acordo com o número de lâmpadas – s: depende das lâmpadas, altera com as lâmpadas	Composição das cores – s: mistura de cores, degrade de cores, tonalidade	
Respostas (%)	68,75	37,5	56,25	
Questão 39: No centro da tela qual a cor predominante?				
RP: A medida que se liga as lâmpadas a cor no centro da tela assume a cor do filtro e a combinação de filtros. Quando as três lâmpadas estão ligadas, no centro aparece uma região na cor branca da própria tela.				
Palavras-chaves	Branco – s: composição dos três filtros, combinação de todas as cores			
Respostas (%)	62,5			
Questão 40: Que elementos fazem parte da situação?				
RP: 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.				

Fonte: O autor.

Quadro 6.2 - Resposta do questionário das Aula 2 e Aula 3 do Momento 1

(conclusão)

Palavras-chaves	Caixa escura	Lâmpadas – s: fontes de luz, fonte luminosa, holofotes	Três filtros coloridos – s: películas coloridas, lentes coloridas, placa coloridas, meio translúcido	Triângulo opaco – s: objeto triangular, pirâmide	Tela branca – s: parede branca, fundo branco
Respostas (%)	11,1	87,5	83,33	83,33	50
Questão 41: O que ocorre quando a luz incide no objeto?					
RP: São produzidas regiões de sombra e penumbra a 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.					
Palavras-chaves	Regiões de sombra e penumbra – s: regiões pouco iluminadas e mais iluminadas, regiões coloridas		Combinação de cores – s: composição de cores, misturas de cores, degrade de cores, arco-íris		
Respostas (%)	75		50		
Questão 42: A intensidade da luz é a mesma à medida que as lâmpadas se acendem? Por que?					
RP: 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					
Palavras-chaves	Não	Aumenta de acordo com o número de lâmpadas – s: aumenta com a combinação de lâmpadas e filtros, à medida que liga as lâmpadas, pode ficar mais claro ou escuro			
Respostas (%)	68,75	43,75			
Questão 43: 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.					
RP: A 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.					
Palavras-chaves	Combinação de cores – s: composição de cores, degrade de cores, mistura de cores		Sombra e Penumbra – s: região mais iluminada, região pouco iluminada		
Respostas (%)	71,43		78,57		

Fonte: o autor.

## 6.2 ANÁLISE DO MOMENTO 2

De acordo com o descrito no item 5.2 do capítulo 5, a Aula 4 do Momento 2 iniciou com a retomada das hipóteses elaboradas nas aulas anteriores, foi discutido a importância dos conceitos apresentados anteriormente para compreensão das práticas desenvolvidas com a Caixa. Ao final da discussão, os alunos foram questionados sobre qual o conceito importante a ser discutido no Momento 2. Alguns alunos responderam a luz, outros a cor, nesse momento foi reforçado que a luz é um conceito importante que será discutido durante todas as aulas, mas que o conceito cor era prioritário para o Momento 2, pois o fenômeno observado no vestido está relacionado à mudança de cores. Para desenvolver a atividade, os grupos foram dividido em quatro mesas com conjuntos experimentais que abordaram o conceito de cor e sua relação com o processo de percepção visual. Cada grupo teve um tempo determinado para desenvolver as atividades, depois de passado o tempo os grupos trocavam de experimentos, vale ressaltar que, durante esse processo, o professor auxiliava e mediava algumas discussões para que todos os grupos não perdessem a linha de raciocínio relativo ao Momento 2. No quadro 6.3 serão apresentadas as respostas do ORQ do Momento 2.

A experiência com o simulador (Color Vision)<sup>11</sup> tinha como objetivo mostrar aos alunos um modelo representativo de como ocorre a mistura de cores quando fontes luminosas incidem nos olhos do personagem. Durante a experiência, os grupos escolhiam qual membro deveria manipular o simulador, enquanto os demais sugeriam os parâmetros a serem observados. Os alunos alteravam todos os parâmetros possíveis no simulador, ficando intrigados com as variações de cores observadas ao modificar a intensidade de luz que chegava até os olhos do personagem. Alguns alunos questionaram sobre a luz ser essa combinação de pontos coloridos, nesse momento foi necessário a intervenção do professor, reforçando que se tratava de uma simulação, ou seja, para melhor compreensão do fenômeno a luz foi representada na forma de pontos, mas que no decorrer das aulas isso seria discutido de uma forma mais adequada. Outros grupos discutiam a questão da mistura de cores no simulador, pois o modelo apresentava uma opção de misturar apenas com as cores primárias para a luz, sendo assim, os mesmos ficaram em dúvida sobre qual a opção a se considerar para mistura das cores-luz, as cores primárias apenas ou o espectro de cores completo. Importante registrar que as células fotorreceptoras cones são classificadas como red (vermelho), blue

---

<sup>11</sup> Disponível em <[https://phet.colorado.edu/sims/html/color-vision/latest/color-vision\\_en.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/color-vision/latest/color-vision_en.html)>. Acesso em: 20 abr. 2017.

(azul) e green (verde), devido ao fato de identificarem o comprimento de onda incidente correspondente a essas faixas de cores, as demais cores do espectro visível são reconhecidas pelos cones devido ao comprimento de onda estar dentro da faixa de identificação, essa discussão seria feita no Momento 3. Nesse momento, o professor fez uma intervenção nos grupos, questionando-os sobre as repostas da questão 5 do quadro 6.3, um dos membros de um dos grupos comentou que a mistura de cores deveria ocorrer dentro dos olhos e não apenas ao entrar nos olhos do personagem, assim os demais membros argumentaram que deveriam identificar como o olho interpreta essa informação, visto que o simulador traz uma modelo representativo de como a composição de cores ocorre.

A segunda experiência desenvolvida foi a mistura de cor-pigmento, que tinha como objetivo identificar quais são as cores primárias e secundárias para o pigmento, além de mostrar a mistura de cores por meio do movimento usando o dispositivo que foi denominado de Pião de Newton. Durante a atividade, os alunos discutiam a ordem das cores primárias e quais as cores secundárias originadas das possíveis misturas. Alguns dos alunos responderam o questionário de registro antes mesmo de realizar a prática, porém ao desenvolver a atividade perceberam que a cor definida como secundária não estava correta, esse resultado pode ser visto na porcentagem da cor verde na questão 6 do quadro 6.3. Constata-se com essa porcentagem que o aluno apresentou um subsunçor errôneo no que confere a classificação das cores secundárias para o pigmento. Na atividade do Pião de Newton, foi necessária a intervenção do professor, pois os alunos pintavam o peão pela face inferior que não aparece quando o pião é posto a girar. Resolvida essa situação, os alunos pintaram o peão com combinação de cores variadas e quando colocaram o peão para girar, alguns alunos se surpreenderam com o resultados, uma vez que as cores se misturavam durante o movimento de giro do peão e, ainda ,dependia da combinação de cores que era feita. Durante a experiência alguns alunos pediram para filmar, com o auxílio do celular o movimento do peão, para depois assistir o vídeo em câmera lenta para observar as cores pintadas no peão.

Na sequência das aulas, considerando a descrição das Aulas 4 e 5 apresentadas no item 5.2 do capítulo 5, os alunos se dividiram em mais duas experiências. A terceira experiência decompondo as cores, pigmento e luz, tinha como objetivo desenvolver duas experiências que mostravam a decomposição da cor-pigmento, por meio de filtro de papel em contato com a água, e a dispersão da cor-luz, com uso de prismas e espectrômetros. Antes de iniciar atividade, foi importante reforçar com os grupos o cuidado ao colocar o filtro de papel pintado na água, pois se colocar a região pintada a tinta passaria para água, o que interfere na observação da prática. Cada grupo estabeleceu um membro que deveria ler as orientações da

experiência para os demais e também observar se todos estavam as respeitando. No decorrer da atividade, foi necessário fazer uma intervenção, pois os alunos não esperavam o tempo suficiente para cor se decompor devido ao contato com água e, assim, respondiam que nada ocorreu com a cor no filtro de papel, esse fato se refletiu na porcentagem de resposta para a questão 10 do Quadro 6.3, onde 64,28 % dos alunos responderam com certa similitude a resposta esperada pelo professor. Devido ao fato dos alunos responderem à questão com precipitação, o professor solicitou que aguardassem um tempo maior para observar o fenômeno, então foi possível perceber que determinadas cores eram formadas pela combinação de uma ou mais cores pigmento. Mesmo a dúvida sendo sanada, alguns alunos não corrigiram no questionário de registro as observações feitas. Na atividade com os prismas e os espectrômetros, foi solicitado aos alunos que utilizassem a câmera do celular junto com o espectrômetro para observar as diferentes lâmpadas contidas no suporte, sendo assim, se evitou que os alunos pudessem apresentar alguma sensibilidade a quantidade luz que incidiria nos olhos. Na análise das repostas dos alunos, percebeu-se que os mesmos não indicaram na resposta qual o efeito proporcionado via observação pelo prisma do espectro da luz do Sol, porém foram unânimes em afirmar que observaram a formação do arco-íris com o prisma e o espectrômetro. Observa-se esse comentário na porcentagem de repostas da questão 9 do Quadro 6.3, onde 0,0 % responderam o efeito causado quando a luz branca incide sobre o prisma, mas 92,56 % afirmaram que ocorreu a formação do arco-íris, os alunos não apresentaram as cores formadas como o espectro de cores da luz branca. Portanto, esse fato fornece indícios que a experiência e os seus questionamentos, sobre a observação da dispersão da luz branca na experiência com o prisma podem ser considerados como um organizador prévio para que os alunos compreendam o conceito de espectros de cores apresentado no Momento 4. Nas questões 11 e 12 do Quadro 6.3, observa-se que os alunos identificaram a formação de um degrade cores, ou seja, não definiram como espectro contínuo ou discreto. No entanto, ao passar pelos grupos, os alunos afirmavam que algumas lâmpadas apresentavam faixas escuras entre as cores observadas, essa observação pode sugerir que a experiência serviu como organizador prévio para auxiliar na discussão dos espectros contínuos e discretos.

A quarta experiência tinha como objetivo relacionar a interação entre a luz, o material e identificação das cores. Na Caixa, foi colocado um sólido geométrico com uma cor específica para que os alunos observassem usando as lâmpadas com filtros. Na questão 13 do quadro 6.3, foi constatado a luz como o elemento que possibilita observar o objeto dentro da caixa de percepções por todos os alunos. Na questão 14 do quadro 6.3, 64,28 % dos alunos afirmaram não ser possível identificar a cor do objeto quando este não possui a mesma cor do

filtro. Alguns alunos em todos os grupos tiveram dificuldade em perceber a diferença nas cores dos objetos, sendo necessária a intervenção do professor, porém, quando o professor iria sugerir aos alunos que observassem por mais tempo, um dos membros de um dos grupos fez a sugestão antes, explicando aos demais colegas que era necessário esperar o olho se acostumar com a luminosidade. Ressalta-se que nas primeiras atividades com a Caixa os alunos não compreendiam o questionamento sobre o que pode ser observado na Caixa quando não há lâmpada acesa, pois realmente os nossos olhos apresentam um tempo de adaptação a ambientes com pouca luminosidade. Essa discussão, prevista para o Momento 3, não foi antecipada, no entanto, o aluno apresentou considerações sobre esse fato. Isto pode ser justificado pelo número de observações que são feitas com a caixa de percepções. Além disso, pode-se considerar que o aluno começou a analisar a situação, isto é, observar com mais cautela todos os fatores que interferem na sua interpretação da experiência e buscou construir formas de explicar e compreender o que se observa.

Quando todos os grupos desenvolveram as quatro experiências, o professor realizou uma assembleia para discutir as respostas apresentadas por eles, identificando regularidades e anotando observações pertinentes. Na atividade do simulador, os alunos afirmaram que a quantidade de energia que chega até os olhos interfere na cor observada, apontaram também que o filtro utilizado interfere na cor a ser observada. Alguns grupos levantaram a questão sobre o efeito de se observar a cor branca, ocorreu apenas com lâmpadas nas cores primárias para luz, alguns alunos justificaram que poderia ser uma adaptação do olho para identificar as cores. Na atividade dos espectrômetros, todos os grupos afirmaram que enxergaram um degrade de cores que apresentou faixas escuras em determinadas situações. Outros colocaram que o degrade de cores representava as combinações de cores usadas para formar a luz colorida da lâmpada. Na atividade da Caixa, os alunos discutiam as diferentes tonalidades que cada membro do grupo observou nos objetos, nesse momento, um aluno comentou que poderia estar relacionado ao psicológico, o que cada indivíduo entende por cor. Ressalta-se que essas discussões revelaram a forma como os educandos começaram a perceber os fatores que interferem na percepção das cores. Ao final da discussão, o professor relacionou a classificação das cores pigmento e das cores luz, mostrando que a mistura de cores primárias para o pigmento formam as cores primárias para a luz e vice-versa, além de identificar que a luz é o fato fundamental para se perceber a cores dos objetos, pois os próprios alunos afirmaram que é necessário que o objeto reflita luz para que possa ser observado.

Quadro 6.3 - Resposta do questionário de registro das aulas 4 a 7 do Momento 2

(continua)

<b>MOMENTO 2: Misturar cores</b>						
Questão 1: Quais fatores influenciam a visão das cores no personagem mostrado no simulador?						
RP: O número de lâmpadas utilizadas, a cor da luz das lâmpadas e a utilização de filtro de cor.						
Palavras-chaves	Lâmpadas – s: fontes, holofotes	Cor da luz – s: coloração, cores da lâmpada, cores da fonte	Cor do filtro – s: filtro colorido, filtro			
Respostas (%)	61,54	76,92	100			
Questão 2: Qual a função do filtro para a situação?						
RP: Transmitir a cor da luz incidente de acordo com a cor do filtro.						
Palavras-chaves	Transmitir – s: refletir, passar, seleção					
Respostas (%)	84,61					
Questão 3: O que ocorre quando duas lâmpadas monocromáticas incidem nos olhos do personagem do simulador?						
RP: Ocorre a composição das cores, apresenta uma cor secundária.						
Palavras-chaves	Composição das cores – s: mistura, combinação					
Respostas (%)	100					
Questão 4: De que forma o simulador apresenta a luz da lâmpada?						
RP: O simulador apresenta a luz de duas formas, contínua (feixe) e discreta (fóton).						
Palavras-chaves	Contínua – s: feixe, sólidos, raios	Discreta – s: fótons, partículas, pontos, faísca, bolinhas				
Respostas (%)	78,51	100				
Questão 5: Onde ocorreu a mistura de cores?						
RP: De acordo com o simulador, a mistura ocorre no momento que as luzes incidem nos olhos do personagem.						
Palavras-chaves	Nos olhos do personagem – s: olho, face, retina					
Respostas (%)	64,28					
Questão 6: Quais são as cores primárias? E secundárias?						
RP: Primárias: azul, amarelo e vermelho; secundárias: verde, roxo, alaranjado.						
Palavras-chaves	Azul (ciano)	Amarelo	Vermelho (magenta)	Verde	Roxo	Alaranjado
Respostas (%)	100	100	100	92,86	100	100
Questão 7: Como se produz uma cor secundária?						
RP: Misturando duas cores primárias.						

Fonte: O autor.

Quadro 6.3 - Resposta do questionário de registro das aulas 4 a 7 do Momento 2

(continuação)

Palavras-chaves	Misturando duas cores primárias	
Respostas (%)	100	
Questão 8: O que ocorreu quando girou o peão? Qual a cor formada?		
RP: Ocorreu a mistura das cores pintadas no peão por movimento do mesmo. A cor formada foi uma cor secundária.		
Palavras-chaves	Mistura das cores – s: composição das cores, soma das cores	
Respostas (%)	92,86	
Questão 9: Qual o efeito causado pelo prisma ao incidir luz branca?		
RP: A luz é refratada pelo prisma, dispersando a luz branca em suas sete cores.		
Palavras-chaves	Refração – s: desvio	Dispersão da luz – s: arco-íris, degrade de cores, divisão das cores
Respostas (%)	0,0	92,86
Questão 10: Quando colocada em contato com a água o que ocorreu com o círculo pintado?		
RP: A cor pintada se decompõe pelo papel filtro, apresentando as cores que a formaram.		
Palavras-chaves	Decompõe – s: passa, separa, dispersa, propaga	
Respostas (%)	64,28	
Questão 11: Existe diferença entre as lâmpadas de luz branca e a que muda de cor quando observadas pelo espectrômetro?		
RP: 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)		
Palavras-chaves	Sim	A forma do espectro – s: forma do arco-íris
Respostas (%)	100	57
Questão 12: Nas três situações existe algo em comum? Justifique:		
RP: Sim, a forma como se decompõem a luz formando espectros de cores contínuos e discretos.		
Palavras-chaves	Sim	Decomposição da luz – s: formação de espectros de cores, arco-íris, degrade de cores
Respostas (%)	85,71	85,71
Questão 13: O que possibilita observar os objetos dentro da caixa?		
RP: A luz emitida pelas lâmpadas e refletida pelo objeto.		
Palavras-chaves	A luz – s: as luzes, fontes luminosas, holofotes	
Respostas (%)	100	

Fonte: O autor.

Quadro 6.3 - Resposta do questionário de registro das aulas 4 a 7 do Momento 2

(conclusão)

Questão 14: Quando o objeto era de cor diferente do filtro o que ocorreu?		
RP: A cor refletida não era definida, tendendo para preto.		
Palavras-chaves	Cor não definida – s: não é possível definir, indefinida, cor mesclada	
Respostas (%)	64,28	
Questão 15: Houve mudança na cor do objeto observado quando se aumenta o número das lâmpadas ligadas? Justifique:		
RP: Sim, pois a cor do objeto ficou mais intensa.		
Palavras-chaves	Sim	Cor mais intensa – s: cor mais forte
Respostas (%)	64,28	0,0
Questão 16: Quando colocado o filtro de cor, houve mudança na cor do objeto? Justifique:		
RP: Sim pois ocorreu uma composição das cores das lâmpadas que se misturou a cor do objeto.		
Palavras-chaves	Sim	Mistura de cores – s: composição de cores, combinação de cores
Respostas (%)	92,86	21,43

Fonte: O autor.

### 6.3 ANÁLISE DO MOMENTO 3

De acordo com o descrito no item 5.2 do capítulo 5, a Aula 8 iniciou com a retomada da discussão da observação feita no simulador (Color Vison)<sup>12</sup> e das respostas apresentadas pelos alunos nos questionamentos referentes ao simulador. Os alunos se organizaram em frente da tela de projeção e foi apresentado na forma de slides um breve histórico dos estudos relacionados à visão e, na sequência, as componentes que fazem parte da estrutura do olho. Quando as imagens do simulador foram apresentadas aos alunos estes foram questionados sobre a forma que a luz chegou aos olhos do personagem e quais as estruturas que compõem o olho humano. Alguns alunos responderam que a luz chegou na forma de fótons, enquanto outros afirmaram que foi na forma de feixes de luz devido ao fato de o simulador apresentar as duas formas a luz que incide nos olhos do personagem. Sobre os componentes que fazem parte da estrutura do olho humano foram mencionadas a córnea, pupila, íris, nervo óptico e o cristalino, visto que os alunos afirmaram que naquela semana o professor de biologia havia explicado sobre o olho humano. Após a discussão das respostas dos alunos, foi iniciada apresentação sobre a estrutura do olho, seus componentes e o processo de visão. Durante a apresentação, os alunos eram instigados a participar da discussão, sendo assim, o questionamento sobre o porquê da região colorida do olho ser chamada de íris, outros alunos questionaram sobre a influência da diabetes na visão, entre outros questionamentos.

Como alguns questionamentos ficaram fora do contexto da aula e do objetivo da discussão, o professor propôs que os alunos levassem as dúvidas aos professores de química e biologia e isso seria um modo a enriquecer a discussão feita durante as próximas aulas. Ao se discutir sobre a retina e suas funções, foram apresentados os fotorreceptores cones e bastonetes ambos responsáveis pela visão em ambientes que apresentem muita ou pouca luminosidade, respectivamente. Existem três tipos de cones, os vermelhos, os verdes e os azuis, que recebem essa classificação devido a capacidade de absorver as cores nas frequências que correspondem ao vermelho, verde e azul do espectro do visível. Alguns alunos questionaram como o olho identifica as demais cores, por isso foi explicado que 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, porém se

---

<sup>12</sup> Disponível em <[https://phet.colorado.edu/sims/html/color-vision/latest/color-vision\\_en.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/color-vision/latest/color-vision_en.html)>. Acesso em: 20 abr. 2017.

a luz incidente no olho apresenta a frequência mais baixa, estimula o conjunto de cones vermelhos, se a luz incidente apresenta frequência mais alta estimula o conjunto de cones azuis, e se a frequência da luz incidente estiver num valor intermediário estimula os cones verdes. Sobre os bastonetes, foi explicado que sua função está relacionada à visão com baixa luminosidade, devido à produção da proteína rodopsina, que também é produzida pelos cones, mas para os bastonetes permite absorver pouca luminosidade auxiliando na observação em ambientes escuros. Durante a explicação, alguns alunos propuseram que este fato era relacionado as respostas das questões 08, 12, 16 e 20 das atividades do Momento 1, na qual 100% dos alunos responderam que apenas observaram escuridão na caixa. Logo, as atividades do Momento 1 e os OQR's serviram como organizadores prévios para o momento de discutir qual o fotorreceptor responsável pela visão com pouca luminosidade, e apresenta indícios de aprendizagem significativa. Para finalizar a discussão, foi apresentado a forma como enxergamos as cores dos objetos relacionada à luz que foi refletida ou emitida pelo objeto e como essa luz é interpretada pelos fotorreceptores. Após a apresentação, realizou-se uma discussão geral sobre os conceitos estudados, tirando dúvidas dos alunos.

Na Aula 9, foi solicitado aos alunos a organização de grupos para o desenvolvimento da experiência proposta, que buscou relacionar as discussões feitas durante a apresentação e as considerações já estabelecidas de experiências anteriores realizadas na Caixa. Vale ressaltar que, durante esse processo, o professor auxiliava e mediava algumas discussões para que todos os grupos não perdessem a linha de raciocínio relativo ao Momento 3. Durante o desenvolvimento, foi observado que os alunos melhoram a forma de interação e organização para realizar a experiência com a Caixa, um aluno cronometrava o tempo de observação do colega, pois foi necessário medir um tempo de um minuto para que os alunos conseguissem observar o contorno dos objetos mesmo com a Caixa estando escura. Observa-se que na questão 01 que 64,43 % os alunos não enxergaram as cores dos objetos e apenas 42,86 % conseguiram enxergar o contorno dos objetos, pode ser que não mediram o tempo suficiente para a adaptação ao ambiente com pouca luminosidade. Durante essa atividade alguns grupos refizeram suas observações, porém já haviam respondido o OQR.

A segunda experiência teve como objetivo analisar a situação na qual o objeto foi observado num ambiente com maior luminosidade, os alunos conseguiram identificar e classificar as cores da tela pintada e das lâmpadas contidas na caixa de percepções. Esses resultados podem ser vistos nas questões 12 e 14 que apresentam mais de 80% das respostas correspondendo a similitude. Durante o desenvolvimento da atividade, os alunos discutiam a

questão do olho apresentar uma sensibilidade maior quando as lâmpadas são acesas. Em discussão entre os grupos, chegaram à conclusão que ao acender as lâmpadas a luminosidade aumentam e o olho está com o fotorreceptor bastonete ativo, o qual possui maior sensibilidade a luminosidade. Após a finalização das observações e respondido o questionário de registro, foi realizada a assembleia para que os grupos apresentassem suas respostas, nesse momento foram tiradas dúvidas e explicados conceitos equivocados. No quadro 6.4 são apresentadas as respostas do OQR.

Quadro 6.4 - Resposta do questionário de registro das Aula 8 e Aula 9 do Momento 3

(continua)

<b>MOMENTO 3: A visão</b>				
<b>Questão 1: É possível identificar a cor do papel pintado?</b>				
RP: Não pois as lâmpadas estavam desligadas. Porém foi possível identificar a presença de um objeto na caixa.				
Palavras-chaves	Não – s: não foi possível, impossível		Identificar um objeto – s: perceber, evidenciar, observar	
Respostas (%)	64,43		42,86	
<b>Questão 2: Qual célula fotorreceptora é ativada no ambiente com pouca luminosidade?</b>				
RP: Célula bastonete.				
Palavras-chaves	Célula bastonete			
Respostas (%)	100			
<b>Questão 3: Como é chamada essa forma de visão?</b>				
RP: Visão escotópica.				
Palavras-chaves	Visão escotópica			
Respostas (%)	100			
<b>Questão 4: Quais as cores da tela?</b>				
RP: A tela apresentava as cores primárias para o pigmento (azul, amarelo e vermelho) e as cores secundárias para o pigmento (verde, roxo e alaranjado).				
Palavras-chaves	Primárias – s: azul, amarelo e vermelho		Secundárias – s: verde, roxo e alaranjado	
Respostas (%)	100		92,86	
<b>Questão 5: Quais as cores da luz que incide na tela?</b>				
RP: As cores são o branco, azul, vermelho, verde.				
Palavras-chaves	Branco	Azul	Vermelho	Verde
Respostas (%)	100	57,14	64,29	71,43
<b>Questão 6: O que ocorre quando mais de uma lâmpada é ligada? Por quê?</b>				
RP: A intensidade de luz no ambiente aumenta, pois existe mais fontes luminosa ligadas. Na tela ocorre a mistura das cores luz, formando regiões coloridas.				
Palavras-chaves	Intensidade da luz aumenta – s: maior intensidade luminosa, mais luz, mudança de intensidade		Mistura de cores luz e cores pigmento – s: mistura de cor e luz, cor e luz se misturam, cores mudavam	
Respostas (%)	64,29		35,71	
<b>Questão 7: Como você classifica as cores pintadas na tela? E as cores dos filtros usadas nas lâmpadas?</b>				

Fonte: O autor.

Quadro 6.4 - Resposta do questionário de registro das Aula 8 e Aula 9 do Momento 3

(continuação)

RP: Na tela estão pintadas as cores primárias e secundárias para o pigmento. Os filtros representam as cores primárias para a luz.						
Palavras-chaves	Cores pigmento primárias e secundárias			Cores luz primárias		
Respostas (%)	92,86			57,14		
Questão 8: É possível identificar a cor do papel pintado?						
RP: Sim pois as lâmpadas estavam ligadas, havia maior luminosidade.						
Palavras-chaves	Sim	Maior luminosidade – s: mais luz, maior intensidade de luz, mais fontes ligadas				
Respostas (%)	100	28,57				
Questão 9: Qual célula fotorreceptora é ativada no ambiente com pouca luminosidade?						
RP: Célula cone.						
Palavras-chaves	Célula cone					
Respostas (%)	100					
Questão 10: Como é chamada essa forma de visão?						
RP: Visão fotópica.						
Palavras-chaves	Visão fotópica					
Respostas (%)	78,57					
Questão 11: Quais são as cores primárias? E secundárias?						
RP: Primárias: azul, amarelo e vermelho; secundárias: verde, roxo, alaranjado.						
Palavras-chaves	Azul (ciano)	Amarelo	Vermelho (magenta)	Verde	Roxo	Alaranjado
Respostas (%)	71,43	71,43	71,43	64,29	64,29	57,14
Questão 12: Quais as cores da luz que incide na tela?						
RP: As cores são o branco, azul, vermelho, verde.						
Palavras-chaves	Branco	Azul	Vermelho		Verde	
Respostas (%)	85,71	92,86	92,86		92,86	
Questão 13: O que ocorre quando mais de uma lâmpada é ligada? Por quê?						
RP: A intensidade de luz no ambiente aumenta, pois existe mais fontes luminosa ligadas. Na tela ocorre a mistura das cores luz, formando regiões coloridas.						

Fonte: O autor.

Quadro 6.4 - Resposta do questionário de registro das Aula 8 e Aula 9 do Momento 3

(conclusão)

Palavras-chaves	Intensidade da luz aumenta – s: maior intensidade luminosa, mais luz, mudança de intensidade	Mistura de cores luz e cores pigmento – s: mistura de cor e luz, cor e luz se misturam, cores mudavam
Respostas (%)	42,86	35,71
Questão 14: Como você classifica as cores pintadas na tela? E as cores dos filtros usadas nas lâmpadas?		
RESPOSTA DO PROFESSOR: Na tela estão pintadas as cores primárias e secundárias para o pigmento. Os filtros representam as cores primárias para a luz.		
Palavras-chaves	Cores pigmento primárias e secundárias.	Cores luz primárias.
Respostas (%)	100	100

Fonte: o autor.

#### 6.4 ANÁLISE DO MOMENTO 4

De acordo com o descrito no item 5,2 do capítulo 5, a Aula 10 se iniciou com a retomada das discussões dos Momentos 1, 2 e 3, destacando a falta de um elemento para se compreender o processo de cores e sua percepção. Durante a discussão, foi retomada as respostas apresentadas pelos alunos na experiência da Mesa 4, desenvolvida no Momento 2, na qual a observação das lâmpadas com o espectrômetro, para identificar as regularidades existentes. Finalizada a motivação inicial da Aula 10, foi solicitado aos alunos a divisão de grupos para desenvolver a experiência de observação com a Caixa e dos suportes com lâmpadas. O objetivo da experiência foi identificar os espectros de emissão e a relação com o conceito de fóton, elemento importante para a compreensão do processo das cores e sua percepção. No desenvolvimento da experiência, os alunos observaram, usando o espectrômetro, os espectros formados pelas lâmpadas incandescente, fluorescente e RGB procurando identificar as regularidades para cada espectros, sendo o principal objetivo da atividade evidenciar o que são os espectros e se apresentam diferenças e semelhanças. Analisando a resposta da questão 01, vê-se que 71,43% dos alunos observaram os espectros de cores, porém, essa porcentagem relaciona-se a similitude dos termos arco-íris e dispersão da luz branca, visto que o conceito de espectro não havia sido discutido, logo, considera-se essa atividade e os seus OQR's serviram como um organizador prévio para o conceito de espectro de cores. Com relação a diferença entre os espectros das lâmpadas, questão 02, apenas 35,71% dos alunos responderam que os espectros apresentaram espaços vazios entre as cores observadas, essa dificuldade de observação pode se justificar pela forma como o aluno interpretou os resultado de sua observação, sem considerar que a presença de espaços vazios faz parte de uma características de determinados espectros de cores, visto que a discussão dos conceitos de modo formal, não havia ocorrido. Porém, ao se analisar a questão 04, 100% dos alunos afirmaram que ao colocar o filtro de cor no suporte a observação dos espectros se modificou devido ao fato que a cor transmitida se modificar de acordo com o filtro utilizado. No decorrer da atividade, observou-se uma maior interação entre os grupos, a troca de informações e discussão das observações foi mais evidente, os alunos discutiam entre si as formas de se interpretar a observação e formular a resposta mais completa para o questionamento. Um dos grupos realizou uma atividade que não estava prevista na aula, a qual foi desenvolvida colocando um filtro de cor sobre o outro, pois seguindo a discussão teórica, quando fizesse a sobreposição dos filtros nenhuma quantidade de luz deveria passar. Como a sala de aula estava com uma luminosidade maior, o professor sugeriu que os alunos

observassem a sobreposição dos filtros dentro da caixa de percepções. Devido ao tempo do desenvolvimento da prática, não foi possível sugerir aos demais grupos que realizassem o mesmo procedimento, sendo assim, na próxima aula foi retomada esta proposta para todos os grupos. Ao final do tempo de observação, foi realizada uma assembleia para a discussão das respostas apresentadas pelos alunos referente às observações, neste momento foi comentado sobre a atividade de superposição dos filtros de cor, desenvolvida pelo grupo dentro da Caixa. Durante a discussão, foram sanadas possíveis dúvidas dos alunos, porém, comentou-se sobre a observação no espectrômetro considerando os espaços vazios, uma vez que somente alguns alunos colocaram que determinadas lâmpadas as sequências das cores não estavam completas. Foi comentado que, na aula seguinte, essa observação seria discutida, além de apresentar as relações entre as lâmpadas observadas.

A Aula 11 se iniciou com a apresentação em slides do conceito de espectro eletromagnético, foi explicado como é definido o espectro eletromagnético, as radiações que compõem o espectro, dando maior destaque a região do espectro que é chamada de região do visível, isto é, região que o olho humano enxerga, ou seja, região das cores. Na sequência, foi apresentado o experimento de Isaac Newton, no qual usando um prisma é possível enxergar o espectro da luz, sendo formado por um espectro contínuo que apresenta uma faixa que vai do azul até o vermelho em termos de menor frequência para maior frequência. Durante a explicação, foi comentado com os alunos sobre as observações feitas com o espectrômetro, nas quais apresentaram espectros diferentes, com falhas para algumas regiões das cores. Com essas observações foi explicado o conceito de espectro contínuo e discreto, apresentando imagens feitas com o espectrômetro para exemplificar as diferenças entre os espectros e como é possível identificar a composição de uma estrela com a observação do espectro da luz emitida. Ao final da apresentação, foram discutidas e sanadas dúvidas em relação aos espectros contínuo e discreto e que o assunto seria retomado nas aulas seguintes. Ressalta-se a que foi retomada a discussão dos espectros na aula seguinte, pela importância para se compreender o conceito de cor e sua percepção, outra questão importante foi a retomada a proposta experimental organizado por um dos grupos para comprovar se os três filtros combinados bloqueariam toda a passagem de luz, pois essa proposta surgiu dos próprios alunos enquanto desenvolviam as experiências, ou seja, o interesse pelas aulas aumentou ao ponto dos alunos terem a autonomia de propor experimentos que de alguma forma acabaram contribuindo para a discussão do assunto. No Quadro 6.5 são apresentadas as respostas do OQR do Momento 4.

Quadro 6.5 - Resposta do questionário de registro das Aula 10 e Aula 11 do Momento 4

<b>Momento 4: Os fótons?</b>		
<b>Questão 1: O que é recorrente nas três lâmpadas?</b>		
RP: O espectro de cores da lâmpada.		
Palavras-chaves	Espectros de cores – s: arco-íris, decomposição da luz branca, espectros	
Respostas (%)	71,43	
<b>Questão 2: Quais as diferenças entre as lâmpadas?</b>		
RP: A forma do espectro mudou entre as lâmpadas, aparecendo espaços escuros (pretos) no lugar de certas cores.		
Palavras-chaves	Forma do espectro – s: regiões do espectro, espaços escuros, buracos, tamanho do espectro	
Respostas (%)	35,71	
<b>Questão 3: O que foi observado no espectrômetro?</b>		
RP: A formação de espectros de cores das lâmpadas.		
Palavras-chaves	Formação de espectros de cores – s: decomposição das cores, formação, dispersão, arco-íris	
Respostas (%)	100	
<b>Questão 4: Quando colocado o filtro de cores modificou o resultado da observação? Por quê?</b>		
RP: Sim, pois o filtro possibilitou apenas a transmissão da cor referente ao filtro.		
Palavras-chaves	Sim	Transmissão da cor – s: possibilitou, mudou, decompôs, passou, dispersou
Respostas (%)	100	64,29
<b>Questão 5: Existe diferença nas regiões que surgiram na observação das lâmpadas? Por quê?</b>		
RP: 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.		
Palavras-chaves	Sim	Diferentes formas de emitir luz – s: emissão de luz, forma do espectro
Respostas (%)	85,71	21,43

Fonte: O autor.

## 6.5 ANÁLISE DO MOMENTO 5

De acordo com o descrito no item 5.2 do capítulo 5, a Aula 12 do Momento 5 tratou da discussão da percepção da cor e sua relação com o fóton. Para iniciar a aula, foi retomada a observação na caixa de percepções com a sobreposição dos filtros, para que os alunos identificassem o bloqueio total da passagem da luz, porém alguns filtros não bloquearam totalmente, os alunos observaram uma pequena luminosidade dentro da caixa, finalizada a observação foi discutido com os alunos que mesmo com pouco luminosidade passando pela combinação dos filtros, isso não interferiu de forma significativa nas observações realizadas durante as aulas. Em seguida, iniciou-se a discussão dos fatores que interferem na percepção das cores, retomando os conceitos de espectros de emissão e absorção nas aulas anteriores, e também sanando dúvidas dos alunos. Na sequência foram apresentados os conceitos de quantização de energia de Max Planck e o conceito de fóton na teoria do efeito fotoelétrico de Albert Einstein, durante a apresentação os alunos foram questionados para promover interação na aula, dúvidas e questões foram respondidas durante a apresentação. Quando elencadas as características do fóton alguns alunos fizeram comentários sobre a forma como o simulador (Color Vison)<sup>13</sup> apresentava a luz, no qual existia a representação da luz por fótons, esses comentários trazem indícios de ancoragem, a captação de significados, o novo subsunçor, modificado em relação ao anterior. Em seguida, apresentou-se o modelo atômico de Niels Bohr para se compreender os espectros de cores e a relação com a quantização da energia e o fóton. Após as discussões sobre o modelo de Niels Bohr, foi apresentado os fatores que interferem na percepção das cores, considerando as características da luz: sua intensidade, o comprimento de onda relacionado com a matiz da cor, a frequência da luz incidente que se relaciona com a luminosidade, distribuição no espaço e a saturação da cor que envolve a escala de tonalidade da cor. Terminada a apresentação se realizou uma assembleia para que os alunos argumentassem sobre os conceitos discutidos, durante as discussões se observou que ao alunos começaram a formular explicações para compreender o conceito de cor e sua percepção, porém os conceitos não eram conectados para formular uma explicação as hipóteses iniciais, logo a Aula 13 teria esse objetivo o de relacionar todos os conceitos apresentados. Na Aula 13, os grupos ocuparam a posição à frente da Caixa para desenvolver as experiências propostas, sendo a primeira a observação de uma tela pintada

---

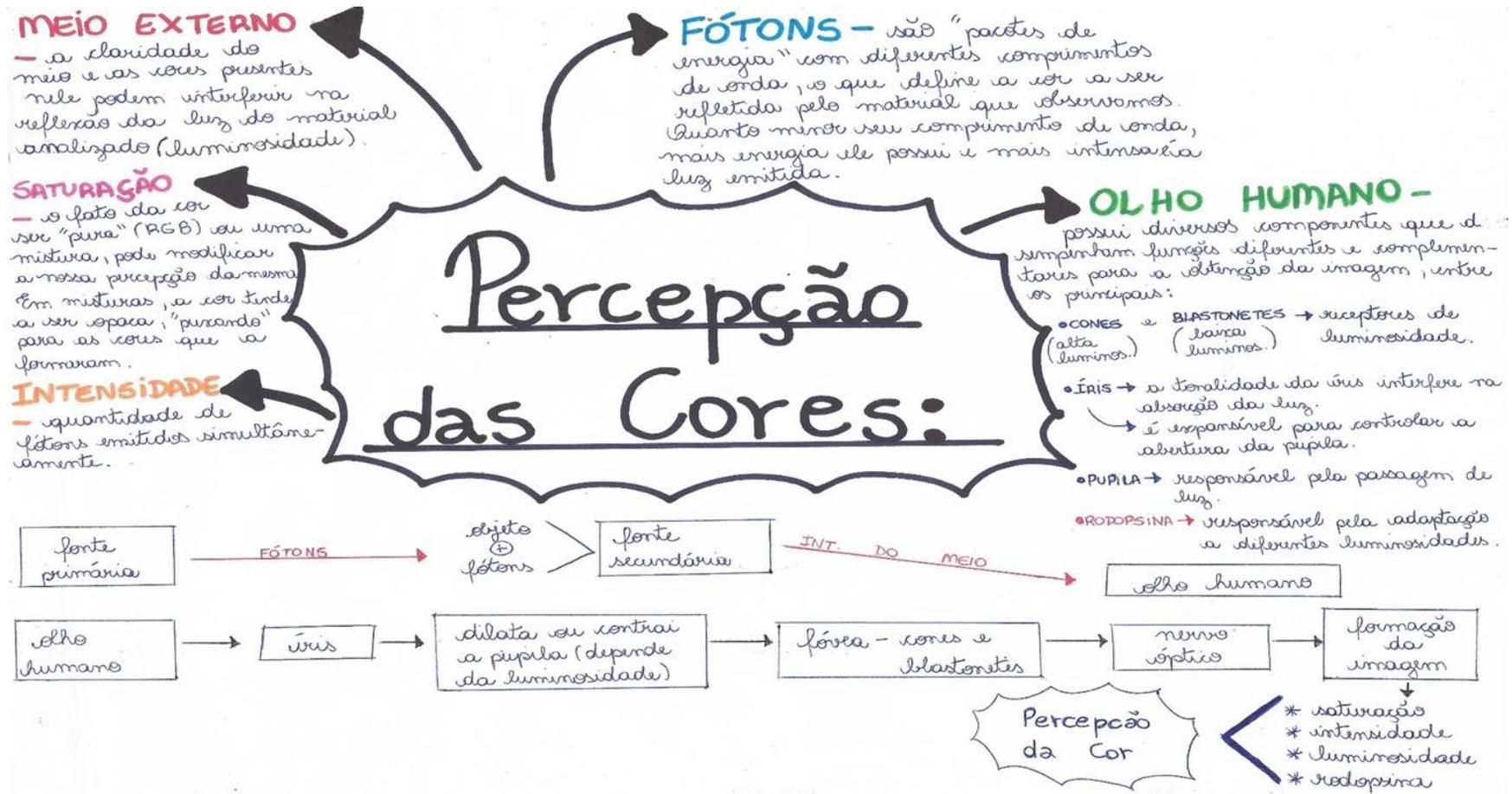
<sup>13</sup> Disponível em <[https://phet.colorado.edu/sims/html/color-vision/latest/color-vision\\_en.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/color-vision/latest/color-vision_en.html)>. Acesso em: 20 abr. 2017.

com três saturações diferentes da mesma cor, na aula foi utilizada a cor vermelha. Durante o desenvolvimento da atividade, observou-se que os alunos marcavam o tempo de adaptação do olho para a observação na Caixa, enquanto um observava, outro membro do grupo fazia o registro das repostas. Terminada a observação, os alunos retiraram a tela da Caixa e saíram da sala de aula para fazer a observação com a tela iluminada pela luz do Sol. Durante a atividade, os alunos comentaram a perceptível diferença de luminosidade e as cores da tela. Essas constatações aparecem nas respostas apresentadas nas questões 02 e 03 da primeira observação, que foram referentes as observações na Caixa. Na questão 02, 87,51% responderam que a cor mais escura foi a bordo, enquanto na questão 03, 92,86% responderam que a cor mais intensa foi a vermelha, faixa central da tela, com essas porcentagens pode-se observar que nem todos os alunos conseguiram perceber a cor mais escura e mais intensa, uma justificativa poderia ser a quantidade de lâmpadas utilizadas não serem suficientes para observar esses aspectos das cores em questão, porém o tempo de adaptação e como o aluno interpreta o que seria uma cor escura ou intensa interfere na forma de sua observação. Para a situação da tela observada com a luz do Sol, as questões 04 e 05 que eram sobre qual a cor mais clara e mais escura, teve uma porcentagem de repostas de 100 %, porém, ao responderem a questão 06, sobre a cor mais intensa na tela, o educandos apresentaram 78,57 % das repostas considerando a cor vermelha, faixa central, como a mais intensa. Justifica-se essa porcentagem de resposta porque com uma luminosidade maior as faixas com mistura de branco e preto, também se intensificam, o que pode confundir na observação, cor intensa está relacionada com a sua saturação, sendo assim quando mais puro o pigmento, maior será a saturação e conseqüentemente sua maior a intensidade da cor. Finalizada essa atividade, os alunos iniciaram a observação da segunda experiência. Na segunda a atividade, os alunos observaram um conjunto de sólidos geométricos dispostos dentro da Caixa, a observação ocorreu considerando o tempo de adaptação do olho e o uso de filtros de cor nas lâmpadas. Nas observações, os alunos discutiam as regiões de sombra, penumbra e a mistura de cores formadas à medida que as lâmpadas foram ligadas com os filtros. Os alunos elencavam que a luminosidade da Caixa aumentava de acordo com as lâmpadas acesas, porém evidenciaram que ao considerar o filtro, o comprimento de onda que passou foi apenas o referente à cor do filtro e que nas regiões de sombra ocorreu a mistura dessas luzes coloridas, mas alguns comentaram que ocorreu uma sobreposição de cores e que o resultado dessa sobreposição foi interpretado pelo o olho como uma mistura de cores. Com esses comentários, observa-se que os alunos buscavam formas de explicar como ocorreu a mistura de cores e a forma como o olho interpretou esse fenômeno evidenciado aspectos da aprendizagem significativa. Alguns

grupos discutiram que os filtros retêm uma parte dos fótons da luz branca transmitindo apenas aqueles que apresentam o comprimento de onda de acordo com a cor do filtro, nesse momento um dos alunos comentou que a situação observada foi igual ao efeito produzido no simulador. Durante essas discussões, o professor fez comentários pertinentes, para que os alunos continuassem dialogando e assim organizassem suas ideias e chegar a uma resposta para a forma como se percebe as cores. Analisando a porcentagem das respostas dada para as questões 07 e 08, observa-se que os alunos compreenderam a relação da formação de sombra e penumbra de acordo com a quantidade de lâmpadas acesas, além da mistura de cores devido à sobreposição dos filtros de cor. Para o desenvolvimento da última experiência, os alunos observaram dentro da Caixa a Esfera que foi pintada com faixas representando as cores do vestido apresentado no Momento 1, porém eles não sabiam que a Esfera estava pintada com faixas azul claro (azul mais adição do branco) e preta. Inicialmente, eles observaram a caixa totalmente escura, e depois acendiam as lâmpadas com filtros de cor gradativamente, ao final de todas as lâmpadas acesas os alunos deveriam responder quais as cores da Esfera. Durante a experiência os alunos discutiram sobre as cores da Esfera, conversavam entre si, buscando a forma de identificar as cores corretas. Na questão 09, 21,43% responderam corretamente as cores da Esfera, alguns grupos durante a observação elencavam todos os aspectos que interferem na percepção das cores e, assim conseguiram se aproximar das respostas corretas, os demais que não responderam dentro da similitude da questão, também discutiam que realmente esses fatores interferem na percepção, que as cores da Esfera mudavam a medida que as lâmpadas foram acesas e acabavam por compreender que a experiência simulou o fenômeno ocorrido no vestido, mostrando que a mudança de luminosidade interfere a forma como observamos as cores dos objetos. Ao final da atividade, os educandos se surpreenderam com a observação na caixa de percepções, pois o efeito ocorrido com o vestido se repetiu com a Esfera. Alguns alunos questionavam que não era possível a esfera ser azul claro e preto, após ser revelada a verdadeira cor da Esfera modelo. Sendo assim os grupos abriram discussão elencando os elementos que interferem na percepção das cores, desconsiderando a hipóteses que a imagem do vestido tenha passado por manipulação gráfica. Foi realizada uma assembleia para discutir todas as observações feitas, nesse momento foram retomadas as hipóteses iniciais, nas quais os alunos perceberam que alguns aspectos que interferem na percepção das cores foram elencados, porém, a discussão possibilitou a organização das ideias para formular uma resposta para como percebemos as cores. Para finalizar a aula, os alunos elaboraram uma explicação na forma de esquema para compreender o conceito de cor e sua

percepção. A figura 23 apresenta o esquema elaborado pelos alunos ao final da Aula 13 do Momento 5. No quadro 6.6 são apresentadas as respostas do OQR.

Figura 23 - Esquema para compreensão da percepção das cores<sup>14</sup>



Fonte: Alunos.

<sup>14</sup> Na seção 5.7 do capítulo 5 dessa dissertação apresenta o termo de autorização para a divulgação das imagens feitas durante as aulas.

Quadro 6.6 – Resposta do questionário de registro das Aula 12 e Aula 13 do Momento 5

(continua)

<b>Momento 5: A percepção</b>	
<b>Questão 1: Qual é a mais “clara”?</b>	
RP: A faixa na cor rosa (branco + vermelho).	
Palavras-chaves	Cor rosa – s: rosa claro, rosa, bem rosa
Respostas (%)	100
<b>Questão 2: Qual é a mais “escura”?</b>	
RP: A faixa na cor vermelho escuro (bordo – vermelho + preto).	
Palavras-chaves	Vermelho escuro – s: bordo, marrom
Respostas (%)	87,51
<b>Questão 3: Qual é a mais intensa?</b>	
RP: A faixa no centro (vermelha).	
Palavras-chaves	Vermelha – s: faixa do centro
Respostas (%)	92,86
<b>Questão 4: Qual é a mais “clara”?</b>	
RP: A faixa na cor rosa (branco + vermelho).	
Palavras-chaves	Cor rosa – s: rosa claro, rosa, bem rosa
Respostas (%)	100
<b>Questão 5: Qual é a mais “escura”?</b>	
RP: A faixa na cor vermelho escuro (bordo – vermelho + preto).	
Palavras-chaves	Vermelho escuro – s: bordo, marrom
Respostas (%)	100
<b>Questão 6: Qual é a mais intensa?</b>	
RP: A faixa no centro (vermelha).	
Palavras-chaves	Vermelha – s: faixa do centro
Respostas (%)	78,57
<b>Questão 7: O que você observou no conjunto de sólidos geométricos em relação a sombras e penumbras?</b>	
RP: A 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.	
Palavras-chaves	Regiões modificadas – s: alteradas, transformadas, mudança de posição, surge sombras, penumbras menores

Fonte: O autor.

Quadro 6.6 – Resposta do questionário de registro das Aula 12 e Aula 13 do Momento 5

(conclusão)

Respostas (%)	100	
Questão 8: O que ocorrem nas regiões de sombra observadas no conjunto de sólidos geométricos?		
RP: A 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.		
Palavras-chaves	Modificadas – s: alteradas, transformadas, se tornam, distorciam, formam	Combinação de cores – s: mistura, composição, mudança, criação
Respostas (%)	69,23	100
Questão 9: Qual a cor da esfera?		
RP: A esfera apresenta faixas nas cores preto e azul claro (azul + branco).		
Palavras-chaves	Faixas, preta e azul-claro (azul + branco) – s: preto e azul, preto e azul-claro	
Respostas (%)	21,43	

Fonte: o autor.

## 6.6 ANÁLISE DO MOMENTO 6

O Momento 6, como descrito no item 5.2 do capítulo 5, os alunos deveriam elaborar suas próprias composições de objetos e observar na Caixa, sempre identificando os fatores que interferem na percepção das cores, além de estimular a criatividade dos alunos para utilizar diferentes materiais para suas composições. As Aulas 14 e 15 foram organizadas de forma que aos educandos elaborassem suas próprias composições de objetos para observar na caixa de percepções. Para iniciar a Aula 14 os grupos ocuparam as mesas com as caixas de percepções e todos os materiais utilizados durante as aulas. Foi explicado que eles poderiam pintar novas telas, fazer diversas misturas de cores para observar na Caixa. Durante o desenvolvimento da experiência, os alunos foram auxiliados para que não ocorressem acidentes com a tinta e demais objetos produzidos pelos eles. Como alguns materiais precisavam de tempo para secar, foram separadas algumas carteiras para colocar esse material. Enquanto esperavam o material secar, os grupos observaram a Caixa com os materiais já utilizados e combinação de filtros produzindo diferentes composições como mostrada na Figura 24. No decorrer da aula, o professor questionava os alunos sobre quais os conceitos envolvidos nas observações nas caixas de percepções para analisar se ocorreu a aprendizagem dos conceitos relacionados a cor e percepção. Um grupo de alunos utilizou o tempo da Aula 14 para observar dentro da Caixa com tempo maior de adaptação para perceber a ação dos cones e bastonetes, durante a adaptação eles discutiram a capacidade de perceber os detalhes do objeto, quando um dos membros do grupo não conseguia observar os detalhes, o tempo de adaptação era aumentado até que se percebesse os detalhes, essa postura apresenta indícios de aprendizagem significativa. Outra questão interessante do grupo foi o fato de que ao acender as lâmpadas, a reação do olho ao aumento de luminosidade também foi notada e explicada em comentário relativos a sensibilidade aumentar devido a claridade. Outros grupos destinaram o tempo da aula para analisar a combinação dos filtros, com o objetivo de bloquear toda a passagem de luz, visto que foram combinados dois filtros de cada cor para observar na caixa de percepções, uma conclusão que eles chegaram foi que a cor vermelha do filtro estaria mais concentrada que as outras, justificando a predominância do vermelho para algumas experiências. O grupo procurou resolver o problema combinando dois filtros azuis e dois verdes para um vermelho na caixa de percepções, assim durante as observações com os materiais que haviam produzido o resultado da mistura de cores ficou mais perceptível. Finalizado o tempo da Aula 14, foram sanadas algumas dúvidas dos alunos sobre suas

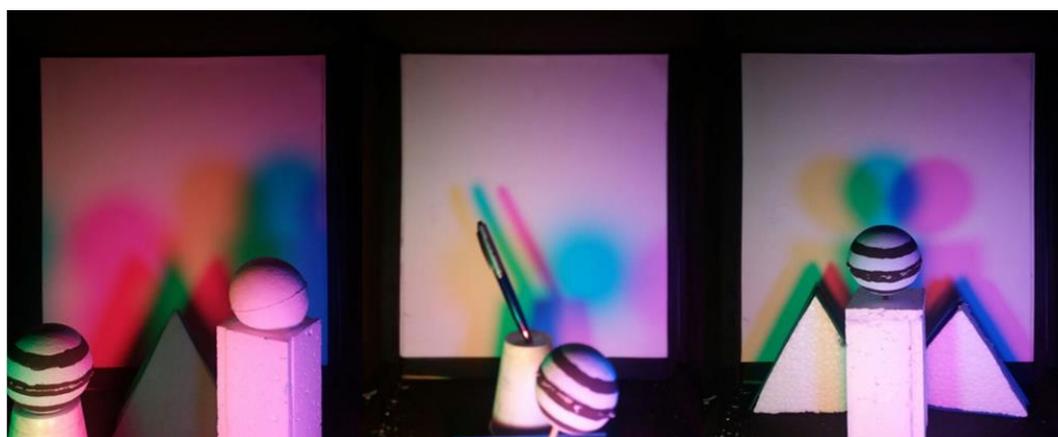
observações. Na Aula 15, os grupos registraram suas composições com os materiais produzidos em sala, e durante o registro os grupos perceberam que as cores mudavam de acordo com a câmera do celular, modificando assim o resultado observado, quando questionado sobre esse fato, o professor discutiu com os grupos que a resolução de cada câmera, uso de flash pode interferir nas observações pois o próprio celular com o flash se comporta como um fonte luminosa o que interfere no momento de registrar as composições. Ao final da aula, após sanadas as dúvidas os alunos encaminharam as imagens para o professor e a aula foi encerrada com agradecimento pela participação de todos. As Figuras 24, 25, 26 e 27 apresentam algumas das composições elaboradas pelos educandos.

Figura 24 - Composição dos Alunos<sup>15</sup>



Fonte: Os alunos.

Figura 25 - Composição dos Alunos

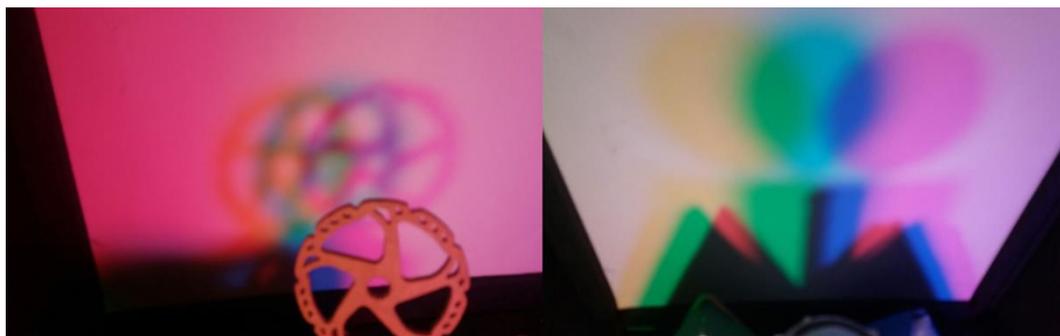


Fonte: Os alunos.

---

<sup>15</sup> No Anexo dessa Dissertação contém o Produto intitulado: Cor à Luz da Física Moderna e Contemporânea, que apresenta o termo de autorização para a divulgação das imagens feitas durante as aulas.

Figura 26 - Composição dos Alunos



Fonte: Os alunos.

Figura 27 - Composição dos Alunos



Fonte: Os alunos.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS

Relacionado com o ensino, constata-se que o método utilizado trouxe elementos das teorias de Ausubel, Vygotsky e Freire.

No decorrer da aplicação do Produto, se observou a mudança na postura dos alunos, mostrando um indicativo de autonomia, que se justifica nas observações feitas pelo professor durante as aulas. Um exemplo está na primeira aula ministrada no Momento 1, onde se observou uma postura de dependência dos alunos com o professor porque os mesmos queriam primeiro saber a resposta dos OQR para depois desenvolver a experiência. A percepção na mudança de postura se nota, em seguida, na Aula 2 no Momento 1, pois os alunos passaram primeiro a observar, a registrar, a discutir em grupo, a responder aos questionamentos e depois chamar o professor para a conferência das respostas. Um segundo exemplo que suscita uma postura de autonomia, se observou nas aulas do Momento 2, onde os alunos pediram ao professor para gravar o movimento do pião com o celular, para depois, assistindo em câmera lenta, pudessem identificar as cores que se misturaram, deve-se ressaltar que não era previsto essa ação no planejamento das aulas, a sugestão surgiu dos alunos ao desenvolver a experiência. Na Aula 11 no Momento 4, também se constata um maior autonomia dos alunos, pois um grupo sugeriu ao professor, se a combinação dos três filtros de cor bloquearia totalmente a luz da lâmpada, porém essa atividade não estava prevista no planejamento da aula, mas o professor aceitou a sugestão e apenas auxiliou os alunos para montar a experiência.

Na Aula 2 do Momento 1, citada anteriormente, se constata que as experiências junto com os OQR funcionaram como organizadores prévios do assunto, pois todos os grupos apresentaram dúvidas sobre a questão relacionada com a observação dentro da Caixa e as lâmpadas desligadas. Os mesmos afirmavam que não foi possível observar o que havia dentro da Caixa, o que sugere a ausência do conceito do tempo de adaptação do olho para mudança de luminosidade, que seria discutido no Momento 3, portanto, essa situação mostra o indicativo que a observação da Caixa e o respectivo questionamento são organizadores prévios para o conceito citado. Quando se discutiu este conceito na Aula 8 do Momento 3, todos os alunos retomaram a discussão do questionamento para compreender a observação dentro da Caixa e sua relação com o tempo de adaptação. A situação citada anteriormente, também ocorreu nas Aulas do Momento 2, quando os alunos não conseguiam definir qual a cor do objeto dentro da Caixa, um aluno sugeriu um tempo maior para a observação, devido a luminosidade dentro da Caixa, pode-se, então, constatar que o aluno começa a criar hipóteses

para compreender o processo de se observar o ambiente com pouca luminosidade, dando indicativo de autonomia, mas além disso, essa experiência sugere um organizador prévio para a influência da luminosidade na forma como percebemos as cores, que seria discutido no Momento 5. Outra situação que apresentou indícios de organizadores prévios ocorreu nas aulas do Momento 2, quando os alunos observaram o espectro da luz branca com o prisma e, depois, a observação dos espectros de diferentes lâmpadas com o espectrômetro. Ao responderem os OQR os alunos citaram o aparecimento do arco-íris para a luz branca, mas sem falar em espectro, porém discutiram entre os membros do grupo e também com o professor a razão da luz ser composta por uma sequência de cores. Discussão semelhante surgiu na observação com o espectrômetro, entretanto, os alunos afirmaram que faixas escuras surgiram no lugar de determinadas cores da faixa que eles denominaram de arco-íris. Portanto, as duas experiências podem ser consideradas como organizadores prévios para o conceito de espectro visível. Na Aula 11 do Momento 4, ao se apresentar o conceito de espectro visível, os alunos retomaram as discussões sobre as experiências mencionadas anteriormente indicando quais seriam os espectros contínuos e discretos nas lâmpadas observadas.

Além de organizadores prévios, se observou situações que se identificaram subsunçores para determinados conceitos. Aula 2 do Momento 1, citada anteriormente, quando se tratou da classificação dos materiais, os alunos, ao responderem os OQR, afirmavam o aparecimento de sombra e penumbra na experiências, porém os conceitos citados, seriam discutidos na Aula 3 do referido Momento com maior profundidade, sendo assim, essa afirmação sugere um subsunçor para os conceitos de sombra e penumbra. A situação anteriormente descrita no Momento 4, também suscita o aparecimento de subsunçor para os conceitos de absorção e transmissão de luz, quando os alunos sugerem combinar os três filtros de cor para observar o bloqueio total da passagem de luz, isto mostra que ocorreu a compreensão sobre a forma que o filtro de cor funciona para a absorção e transmissão da luz. Na aula 13 no Momento 5, quando se discutiu o conceito de luminosidade com os alunos, os mesmos afirmaram que ao observarem a Caixa, levaram um tempo maior a cada lâmpada acesa porque deveriam esperar o olho se adaptar a maior luminosidade. No desenvolvimento das experiências com a tela, ainda no Momento 5, os alunos afirmaram a diferença nas cores quando a luminosidade aumenta, sendo assim, isso mostra indicativos da existência de subsunçor para o conceito de luminosidade.

No decorrer das aulas se observou situações que se considerou a mediação entre professor e alunos e entre os próprios alunos. Na situação citada anteriormente no Momento

2, ao sugerir que os membros do grupo deveriam aumentar o tempo de observação dentro da Caixa, ocorreu a mediação do aluno e os demais membros do grupo, para o desenvolvimento da experiência. Na sugestão dos alunos para combinar os filtros, ocorrida no Momento 4, suscita uma mediação do professor ao sugerir a observação dentro da Caixa devido a luminosidade da sala de aula. Outras situações de mediação surgiram quando o professor passava pelos grupos, enquanto desenvolviam as experiências, porque se observou a interação entre os grupos, pela troca de informações com relação a forma de observar a experiência e de como formular as suas respostas. Houve respostas nas quais os grupos discordaram, como por exemplo, na experiência da Esfera no Momento 5, pois alguns grupos não afirmaram as mesmas cores, nessa situação o professor mediu os alunos com questionamentos sobre a forma de observação. Logo alguns grupos pediam para refazer a observação para comprovar suas afirmações. Na situação citada anteriormente, ressalta-se que os grupos questionavam uns aos outros sobre o tempo de adaptação, a luminosidade dentro da Caixa e fatores que interferem na percepção das cores. Vale lembrar que, nessa situação, o professor realizou a mediação, pedindo aos alunos para retomarem todos os conceitos que foram estudados e quais estariam envolvidos de forma direta as cores da Esfera.

Todo esse processo de mediação sugere uma ação na ZDP para algumas situações descritas anteriormente. Como exemplo, se retoma a situação citada do Momento 2, na qual a dificuldade em observar as cores do objeto na experiência evidenciou o nível de desenvolvimento real dos alunos e, quando outro aluno sugeriu aos demais a observação da Caixa por um tempo maior, contribuiu para o nível de desenvolvimento potencial dos membros do grupo, pois ele mediu a forma como deveriam observar a experiência. Analisando a ação do aluno, pressupõem que sua ZDP era ampliada, pois o mesmo sabia que deveria se observar a Caixa com um tempo maior. Outra situação que se verifica a mudança na ZDP, ocorreu no Momento 3, quando o professor discutiu os conceitos dos fotorreceptores e o tempo e adaptação do olho com os grupos, num processo de mediação, possivelmente, atuou no nível de desenvolvimento potencial dos alunos, pois ao observarem dentro da Caixa, consideraram o tempo de adaptação do olho. Isto fica claro, uma vez que na experiência descrita do Momento 1, os alunos não conseguiam observar nada dentro Caixa com as lâmpadas apagadas, determinando assim o nível de desenvolvimento real dos mesmos.

De uma forma geral, a partir das observações, também se percebe o aumento da pré-disposição do aluno para aprender, pois as aulas propiciaram a aproximação entre teoria e prática, tornando-o agente ativo no processo de ensino e aprendizagem e não mais um receptor da informação, portanto essa mudança apresenta indícios de aprendizagem

significativa. A mudança de atitude ocorreu durante as aulas, sendo um dos fatores o uso do celular, que se tornou material de apoio na experimentação para registrar os resultados de algumas experiências. Ao final de cada aula, os alunos perguntavam sobre as próximas experiências, pois queriam compreender o conceito de cor e sua percepção, pode-se considerar que a aprendizagem se tornou mais crítica e reflexiva.

Entretanto, as constatações feitas ocorreram devido ao planejamento das aulas, que se demonstrou de grande importância para se observar o processo da aprendizagem dos alunos. Os planos de aula seguiram elementos da teoria freiriana para a ação dialógica nas aulas de Física, uma vez que as situações de codificação, decodificação e recodificação foram contempladas.

Na etapa da motivação, se observou o que Freire define como processo de codificação, pois se fez a proposição da situação problema com a apresentação das imagens do vestido no Momento 1, ou ainda, a imagens do personagem do simulador apresentadas no Momento 2, entre outras situações, pois todas as aulas apresentaram o mesmo processo. Quando os alunos apresentaram suas opiniões referente a motivação feita, tem-se a fase de decodificação, que Freire define como o processo no qual os alunos apresentam o conhecimento sobre o assunto, que pode ter um caráter superficial ou, até mesmo, aprofundado. Arelado ao processo de decodificação, se observou elementos da teoria de Ausubel, como organizadores prévios e subsunçores, citados anteriormente.

Na etapa de recodificação ocorre a discussão e o desenvolvimento do assunto abordado, este, atrelado ao conhecimento apresentado pelo aluno. Durante a recodificação, se observou situações nas quais, o organizador prévio contribuiu para a aquisição de subsunçores e/ou a modificação dos existentes. Ainda na recodificação, se averiguou as situações de mediação, que ocorreram entre o professor e o aluno, e entre os alunos, possibilitando uma possível mudança na ZDP, pois os grupos, nas discussões, buscavam formas de compreender e como externalizar suas considerações sobre os conceitos estudados, ou seja, ocorreu a negociação de significados. A forma da organização das atividades possibilitou uma maior abstração e inclusividade de conceitos, servindo como ancoradouro entre o novo conhecimento e o conhecimento existente na estrutura cognitiva do aluno.

Com relação à elaboração e aplicação do Produto, averiguou-se que com a sequência dos Momentos ocorreu uma construção e compreensão dos conceitos de cor e sua percepção. Ocorreu o diálogo entre os alunos e o professor, tornando todos agentes ativos no desenvolvimento das aulas. No decorrer dos Momentos, os alunos apresentaram um comportamento mais crítico, pois os questionamentos foram mais frequentes, a expectativa

dos alunos aumentou em relação as experiências seguintes evidenciando que o objetivo deles era a compreensão dos conceitos estudados.

No que se refere na elaboração do material, há a possibilidade de reprodução da Caixa de Percepções e os demais aparatos experimentais, por parte de outros profissionais. Alguns ajustes são necessários, a vedação da Caixa pode ser melhorada, a fim de que apenas a luminosidade das lâmpadas prevaleça. Com relação aos filtros de cor, é necessário que as cores azul e verde fiquem mais intensas que a vermelha, para não alterar a observação. Com relação aos conjuntos montados, como os materiais transparentes, translúcidos e opacos, e os sólidos geométricos para estudo de sombra e penumbra, podem ser utilizados separados da Caixa. Os sólidos geométricos podem ser feitos de material mais resistente, pois o isopor com a manipulação vai se deteriorando. A forma de organização das caixas é importante para facilitar o desenvolvimento das experiências. Considerando os OQR, a forma de estruturação auxiliou os alunos nas experiências, pois as questões e os procedimentos nortearam os alunos nas observações contribuindo a organização dos conceitos, possibilitando discussões pertinentes durante as assembleias.

Desta forma, a proposta apresentada tem grandes perspectivas para a sua plena aplicação, pois apresenta uma organização dinâmica entre teoria e prática, com experimentos diferenciados e versáteis que auxiliaram na evolução do processo de ensino-aprendizagem porque, notadamente, os alunos participantes da proposta Produto demonstraram maior interesse e participação nas aulas.

Na perspectiva de trabalhos futuros, pretende-se analisar todas as respostas dadas as questões apresentadas no material OQR, para ter uma visão mais aprofundada de elementos que identifiquem o processo ensino-aprendizagem. Com relação ao desenvolvimento das aulas, algumas adaptações são necessárias, a vedação da Caixa, e o ajuste dos filtros, mencionados anteriormente, mas, a forma de como manipular a Caixa é importante, antes de iniciar a observação na Caixa, pode-se mostrar para os alunos como é o seu funcionamento, a forma de ligar as lâmpadas para se otimizar o tempo de observação do grupo e, assim, melhorando os resultados dos mesmos. No aspecto de alterações, na própria aplicação isso ocorreu, visto que a inclusão da experiência sugerida pelos alunos e o planejamento do Momento 6, para que os alunos elaborassem suas composições, surgiram ao se aplicar o Produto. Considerando a versatilidade do Produto e identificando seu potencial de aplicação, pode-se pensar em um doutorado como um trabalho futuro, revisitando o material e ampliando aspectos da Física Moderna.

## REFERÊNCIAS

ALVES, M. C. L. A caixa de cores: o conhecimento dos alunos sobre cores como ponto de partida para o diálogo. In: **Anais**. CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO – EDUCERE, 12., 2015, Curitiba. eletrônicos. Curitiba: PUC-PR, 2015. Disponível em: <[http://educere.bruc.com.br/arquivo/pdf2015/18357\\_8008.pdf](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 técnica. 467- Janeiro de 2003.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Lisboa, Portugal; Edições 70, LDA, 2009.

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](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. e PRATAVIEIRA, S. Luz para o progresso do conhecimento e suporte da vida. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, vol.37, n.4, pg.4206-1-4206-8, Dez 2015.

BÔAS, N. V.; DOCA, R. H.; BISCUOLA, G. J. Física 2. 3ª ed. São Paulo: Saraiva, 2016.  
CASTRO, P. A. de et al. Ensino de física dificuldades dos alunos de ensino médio. In: **Anais ... CONGRESSO IBERO-AMERICANO EM INVESTIGAÇÃO QUALITATIVA – CIAIQ**, 3., 2014, Badajoz. Anais eletrônicos. Badajoz: EU, 2014.

CAVALCANTE, M. A.; TAVOLARO, C. R. C. Uma Caixinha para Estudo de Espectros. **Física na Escola**, São Paulo – SP, vol. 3, n. 2, p. 40-42, Out./2002.

CESAR, C. L., ALEGRE, T.P. M. **A Natureza da Luz Instrumentação Para o Ensino**. 2003, Campinas. Disponível em: <[https://www.ifi.unicamp.br/~lunazzi/F530\\_F590\\_F690\\_F809\\_F895/F809/F809\\_sem2\\_2003/02561Thiago\\_Lenz\\_F809\\_RF.pdf](https://www.ifi.unicamp.br/~lunazzi/F530_F590_F690_F809_F895/F809/F809_sem2_2003/02561Thiago_Lenz_F809_RF.pdf)>. Acesso em: 10 out. 2016.

COELHO, L.; PISONI, S. Vygotsky: sua teoria e a influência na educação. **Revista e-Ped – FACOS/CNEC**, Osório - RS, vol. 2, nº 1, p. 144-153, Ago./2012.

CORTEZE, B. A., et al. Caixa de cores. In: **Anais ... SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA**, 16., 2005, Rio de Janeiro. Anais eletrônicos. Rio de Janeiro: CEFET-RJ, 2005.

COSTA, G. G. G.; CORTESE, A. B.; SCURACHIO, R. e CATUNDA, T. Caixa de cores para o estudo de mistura de luzes coloridas. **Física na Escola**, São Paulo – SP, vol. 9, n. 2, p. 25-28, Out./2008..

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

DILLI, L. M. As implicações das teorias de Vygotsky para uma aprendizagem significativa. **Revista Didática Sistemática**, Rio Grande – RS, vol. 8, p. 141-152, jul./dez/2008.

DRUZIAN, A. C., RADÉ, T. S., SANTOS, R. P. Uma proposta conceitual para os conceitos de luz e visão. In: **Anais ... ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS**, 6., 2007, Florianópolis. Anais eletrônicos. Florianópolis: VI ENPEC, 2007.

FARAGO, C. C., FOFONCA, E. A análise de conteúdo na perspectiva de Bardin: do rigor metodológico à descoberta de um caminho de significações. **Linguagem**, São Carlos - SP, vol. 18, p. 01-05, 2011.

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](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.

FRAVETTO, T. **Uma proposta de ensino sobre luz e cores em turmas de quarto ano do ensino fundamental**. 2014. TCC (graduação) – Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina.

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

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia**. 50ª. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2015.

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.

GIL PÉREZ, D.; SENET, F.; SOLBES, J. La introducción a la física moderna: un ejemplo paradigmático de cambio conceptual. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, n. extra, p.189-195, 1987.

GIRCOREANO, J. P., PACCA, J. L. A. O ensino da óptica na perspectiva de compreender a luz e a visão. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis – SC, vol. 18, n.1, p. 26-40, abr./2001.

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**, Baurú – SP, vol. 16, n. 3, p. 695-708, 2010.

REF. 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.

LOCH, J.; GARCIA, N. M. D. Física moderna e contemporânea na sala de aula do ensino médio. In: **Anais ... ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS**, 7., 2009, Florianópolis. Anais eletrônicos. Florianópolis: VII ENPEC, 2009..

LABURÚ, C. E.; ZOMPERO, A. F.; BARROS, M. A. Vygotsky e múltiplas representações: leituras convergentes para o ensino de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, vol. 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.

MARTINS, O. B. e MOSER, A. Conceito de mediação em Vygotsky, Leontiev e Wertsch. **Revista Intersaberes**, Curitiba – PR, vol. 7 n.13, p. 8–28, jan./jun./2012.

MIRANDA, M. I. Conceitos centrais da teoria de Vygotsky e a prática pedagógica. **Ensino em Re-Vista**, Uberlândia – MG, vol. 13, n. 1, p. 7-28, jul.04/jul./2005.

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. IFUFRGS, 2016.

MOREIRA, M. A. Ensino de Física no Brasil: Retrospectiva e Perspectivas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo – SP, vol. 22, n. 1, p. 94-99, Março, 2000.

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**, Rio de Janeiro RJ, vol. 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.

ONILZA, B. M., ALVINO, M. Conceito de mediação em Vygotsky, Leontiev e Wertsch. **Revista Intersaberes**, Curitiba – PR, vol. 7, n.1 3, 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.

PELIZZARI, A; KRIEGL, M. de L.; BARON, M. P.; FINCK, N. T. L. e DOROCINSK, S. I. Teoria da aprendizagem significativa segundo Ausubel. **Revista PEC**, Curitiba PR, vol. 2, n. 1, p. 37-42, jul./2001-jul./2002.

**PROJETO POLÍTICO PEDAGÓGICO**. Colégio Instituto Cristão – Ensino Médio e Profissional. 2018.

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

REZENDE, F.; OSTERMANN, F. A prática do professor e a pesquisa em ensino de física: novos elementos para repensar essa relação. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis – SC, vol. 22, n. 3: p. 316-337, dez./2005.

ROCHA, J. C. Cor luz, cor pigmento e os sistemas RGB e CMY. **Revista Belas Artes**, São Paulo – SP, vol. 2, n. 3, p. 1-19, 2010.

ROSA, C. W.; PEREZ, C. A. S; DRUM, C. Ensino de física nas séries iniciais: concepção da prática docente. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre RS, vol. 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. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. São Paulo - SP, vol. 35, n.2, p. 2314-2314-8, Abr./Jun 2013.

SILVA, M. F. F. Esclarecendo o significado de “cor” em física. **Física na Escola**, São Paulo – SP, vol. 8, n. 1, p. 25-26, mai./2007.

SILVA, R. R., CUNHA, K. S. O ensino de física moderna e contemporânea em algumas cidades do interior da Paraíba segundo a ótica dos professores. In: **Anais ... ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS**, 8., 2011, Campinas. Anais eletrônicos. Campinas: UNCAMP, 2011.

TAVARES, R. Aprendizagem significativa. **Revista PEC**, Curitiba - PR, vol. 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 - SP, vol. 7, n. 1/2, p. 1-16, 2006.

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.

VYGOTSKY, L. S. **Pensamento e linguagem**. 1.ed.São Paulo: Martins Fontes, 1987

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

## **APÊNDICE A**

### **COR À LUZ DA FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA**



# Cor à Luz da Física Moderna e Contemporânea

Marcos Damian Simão  
André Maurício Brinatti

## SUMÁRIO DO APENDICE/PRODUTO EDUCACIONAL

APRESENTAÇÃO.....	128
1 INTRODUÇÃO.....	129
2 PLANEJAMENTO.....	131
3 <b>ORIENTAÇÕES, QUESTIONÁRIOS E REGISTROS (OQR).....</b>	174
3.1 OQR COM AS RESPOSTAS ESPERADAS PARA O PROFESSOR.....	174
3.2 OQR SEM AS RESPOSTAS PARA O ALUNO.....	195
4 <b>LUZ, COR E PERCEPÇÃO.....</b>	225
4.1 A LUZ.....	225
4.1.1 Alguns aspectos gerais.....	225
4.1.2 Óptica geométrica e o princípio da propagação da Luz.....	228
4.1.3 Classificação dos materiais.....	236
4.1.4 Classificação das cores.....	238
4.1.5 Espectros de cores.....	240
4.1.6 Estrutura do olho humano.....	245
4.1.7 Percepção Das cores.....	248
5 <b>MANUAL DE MONTAGEM DOS APARATOS EXPERIMENTAIS E</b>	250
<b>MATERIAIS DIVERSOS.....</b>	
5.1 CAIXA DE PERCEPÇÕES (CAIXA).....	251
5.2 SUPORTE PARA LÂMPADAS.....	257
5.3 FILTROS DE COR.....	262
5.4 SÓLIDOS GEOMÉTRICOS.....	264
5.5 PIÃO DE NEWTON.....	266
5.6 ESPECTRÔMETRO.....	258
5.7 CONJUNTO DE MATERIAIS TRANSPARENTE, TRANSLÚCIDO E	270
OPACO.....	
5.8 TELA PARA ESTUDO DE TONALIDADE.....	271
5.9 CONJUNTO DE MATERIAIS PARA MISTURA E SEPARAÇÃO DAS	271
CORES.....	
5.10 ESFERA MODELO (ESFERA).....	272
6 <b>VÍDEOS, SIMULADOR E SLIDES.....</b>	276
6.1 VÍDEOS PARA O PROCESSO DE INVESTIGAÇÃO.....	276

6.2	SIMULADOR COLOR VISION.....	276
6.3	SLIDES PARA AS AULAS.....	277
6.4	TABELA DE CUSTOS.....	279
	Na Tabela 1 indica-se os materiais utilizados para a construção dos aparatos experimentais e materiais diversos descritos no Capítulo 5 do Produto.....	279
	<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>280</b>

## 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**<sup>16</sup> 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.

---

<sup>16</sup>Produto 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 repostas 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](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](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](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)<sup>17</sup>: 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)<sup>18</sup>: 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)<sup>19</sup>: 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

---

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

<sup>18</sup> Disponível em: <[https://www.youtube.com/watch?v=sEtg5b\\_TdyQ>](https://www.youtube.com/watch?v=sEtg5b_TdyQ>). Acesso em: 20 abr. 2017.

<sup>19</sup> 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](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 Vision<sup>20</sup> - computador conectado à internet com o simulador instalado, para que os alunos manipulem o modelo de percepção das cores apresentado no simulador;

---

<sup>20</sup> Disponível em: < [https://phet.colorado.edu/sims/html/color-vision/latest/color-vision\\_en.html](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.

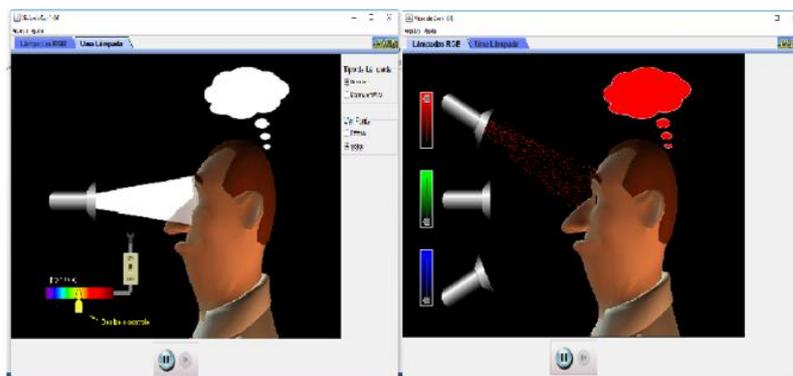
### **Mesa 1 – Simulador Color Vison<sup>21</sup>:**

---

<sup>21</sup> Disponível em: < [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/legacy/color-vision](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](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 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.

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 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.

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 contratemplos 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 as outras lâmpadas foram 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 incômodo 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 percepção<sup>22</sup>..

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.

---

<sup>22</sup> 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,  $\lambda$  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 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).

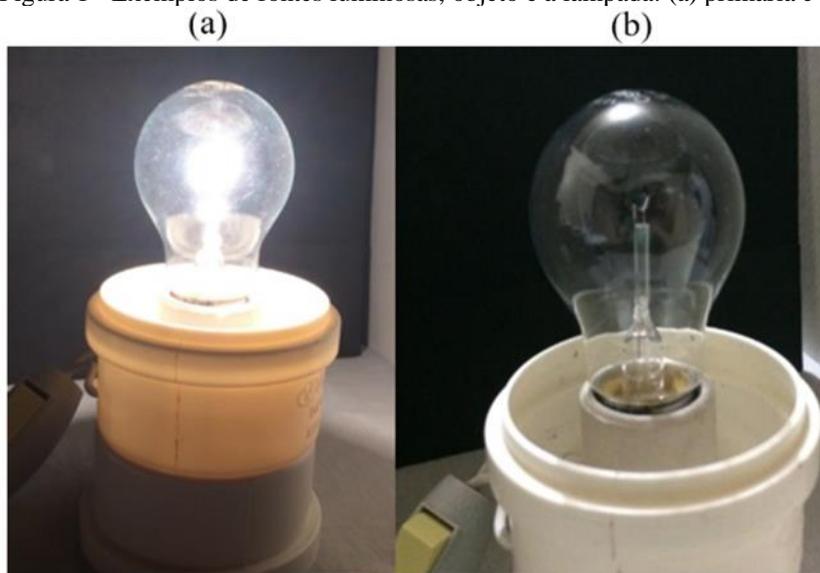
Desta forma, a percepção das cores depende da interação da luz incidente com o material e a recepção da luz emitida do material depois da interação pelos olhos, ou seja, a codificação da luz recebida fornecendo a percepção das cores.

#### 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



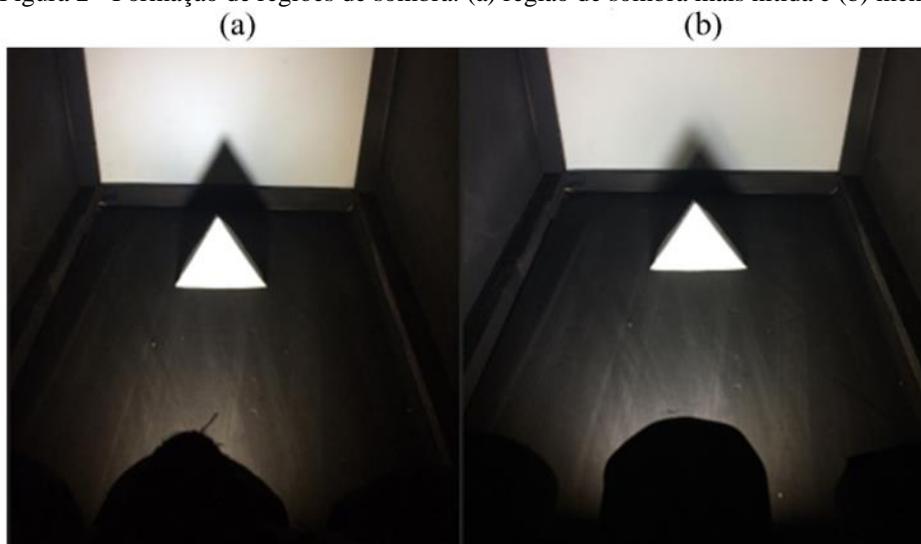
Fonte: O autor.

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.

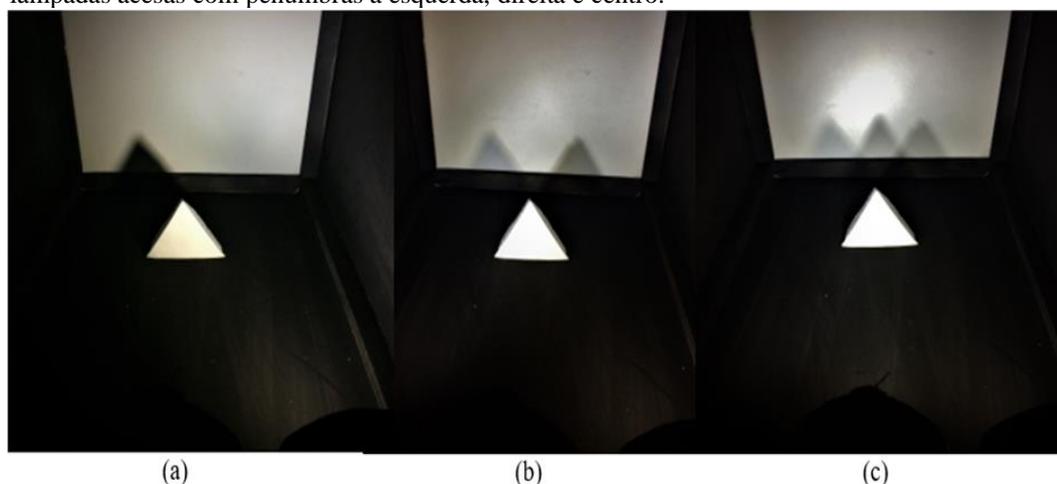


Fonte: O autor.

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 a esquerda apagada, (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.

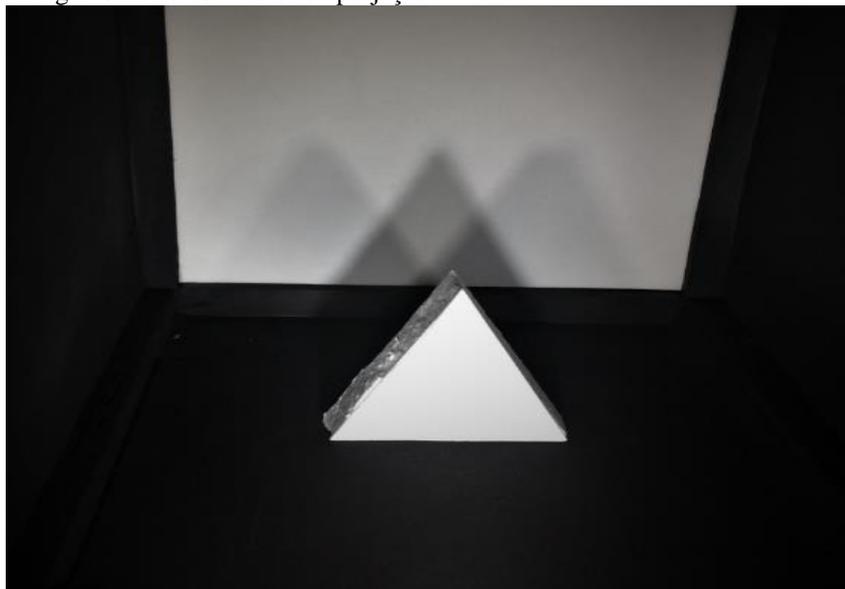


Fonte: O autor.

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).

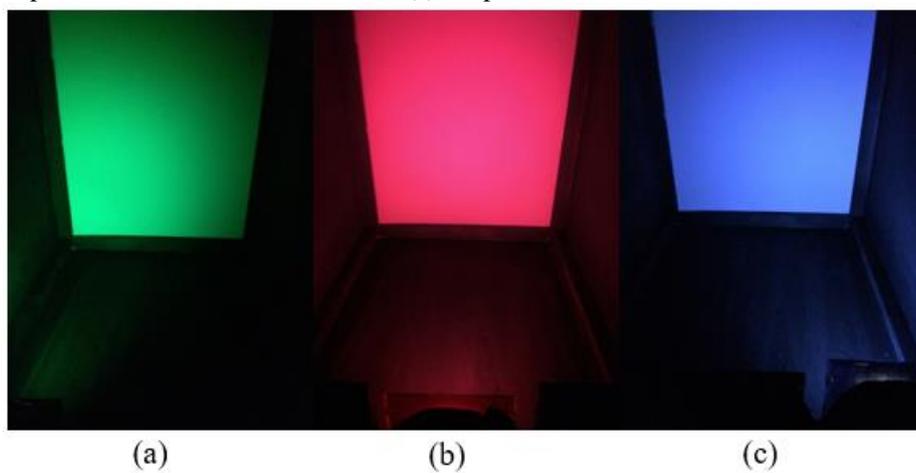
O princípio é válido para duas ou mais fontes luminosas, a Figura 5 apresenta o uso de três fontes luminosas compostas por filtros de cor que permitem a passagem de determinada cor pelo filtro, e este fenômeno será discutido adiante na Figura 5, as situações das Figuras 5 (a), 5 (b) e 5 (c) são com apenas 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.



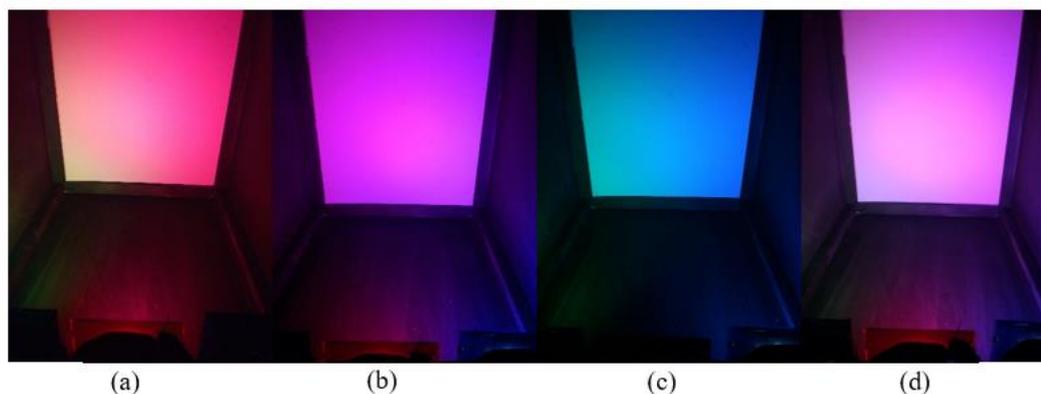
Fonte: O autor.

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.

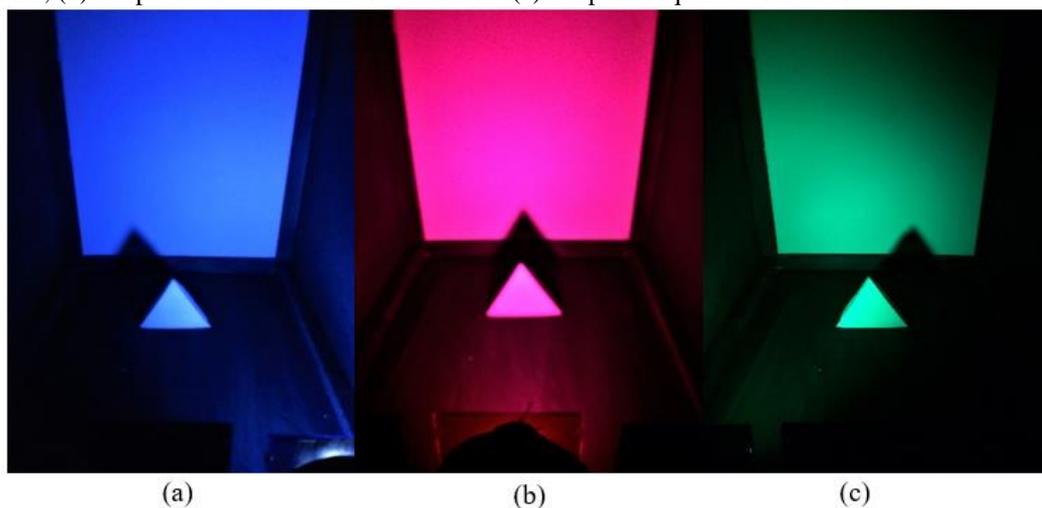


Fonte: O autor.

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.

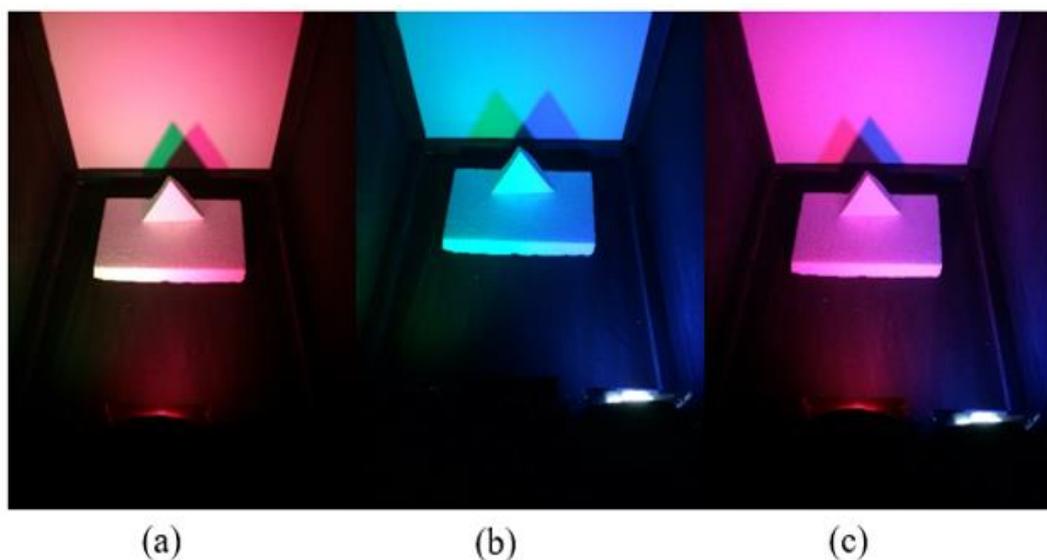
Figura 7 - Formação de sombras com o uso de lâmpadas com filtros: (a) lâmpada direita com filtro azul, (b) lâmpada central com filtro vermelho e (c) lâmpada esquerda com filtro verde.



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.

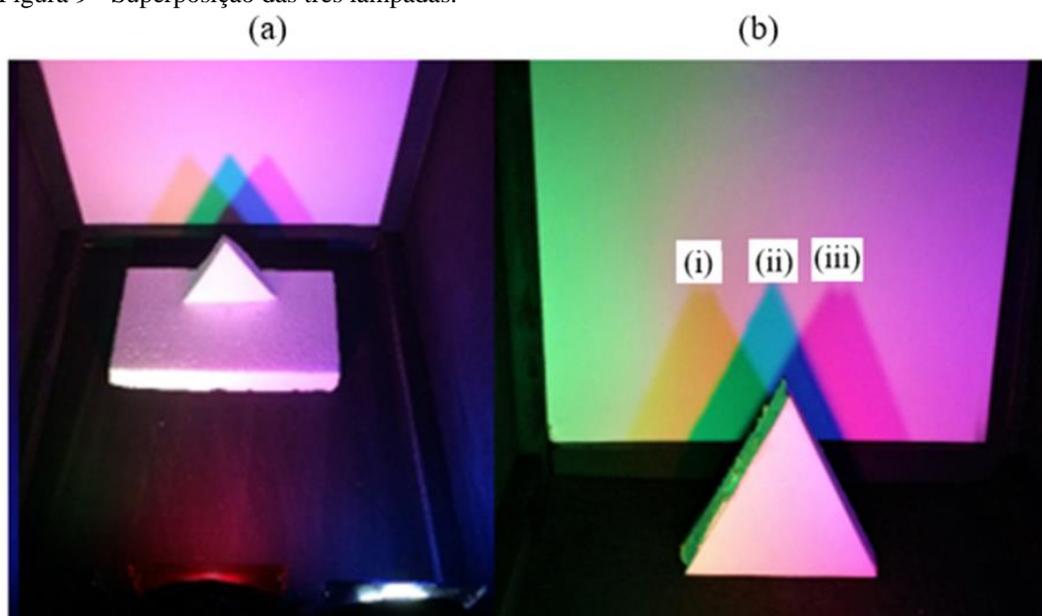
Agora considere que são acesas as lâmpadas, duas a duas, como mostra a Figura 8. Na situação da Figura 8 (a), na qual estão acesas as lâmpadas verde, esquerda, e vermelha, centro, observa-se que a sombra para a lâmpada vermelha é o triângulo central, enquanto que a sombra para a lâmpada verde é o triângulo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

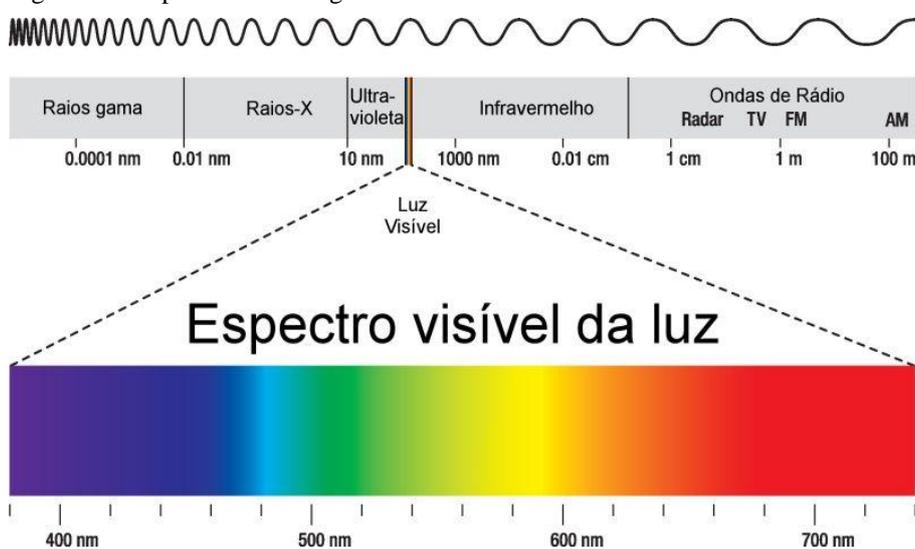
A necessidade, agora, é identificar as relações entre as cores luz e pigmento no processo de percepção das cores. A forma como se enxerga as cores dos objetos ocorre, num primeiro momento, da interação entre luz e matéria, ou seja, a luz de uma fonte iluminando a superfície de um objeto. Essa interação 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.

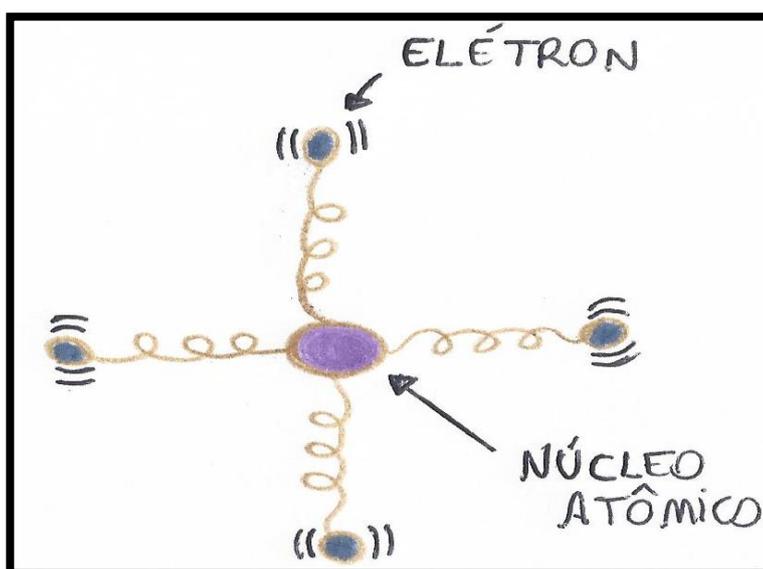


Fonte: Peter Hermes Furian / Shutterstock.com

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

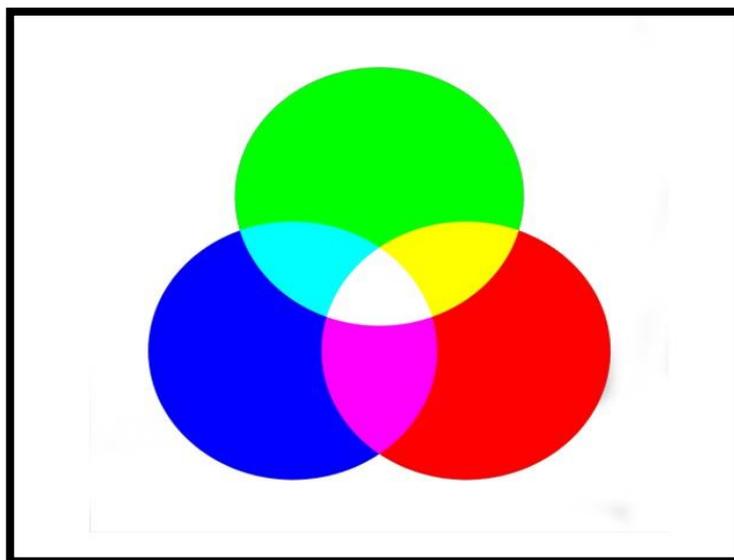
O processo de percepção das cores requer a diferenciação entre a cor-pigmento e a cor-luz. A cor-luz vem a ser a radiação luminosa que compõem o espectro do visível e apresenta como síntese aditiva a luz branca. A síntese aditiva é a composição de outras cores por meio da soma de três cores fundamentais: 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

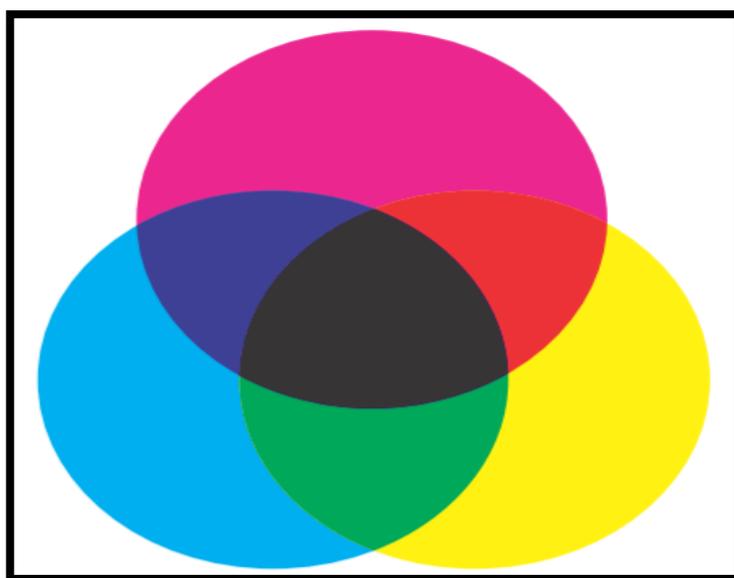
complementares. A combinação das cores magenta mais ciano resulta na cor azul, a combinação das cores magenta mais amarelo resulta na vermelho e a combinação das cores amarelo mais ciano resulta na cor verde, mostrando que as cores secundárias para o pigmento são as cores primárias para a luz. Portanto,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

Figura 12 - Sistema RGB.



Fonte: David Arty.

Figura 13 - Sistema CYM.



Fonte: Pedrosa (2014)

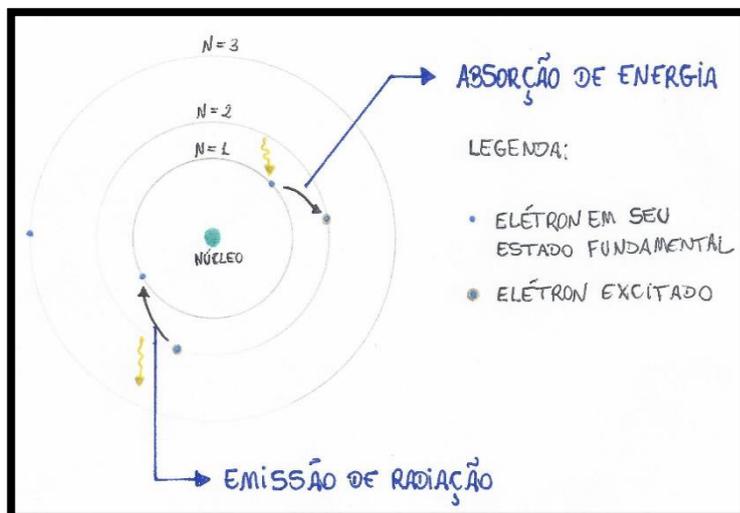
Para compreender melhor a interação entre a cor da luz e a cor do meio material é importante analisar o espectro de cores provenientes da fonte luminosa.

#### 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.

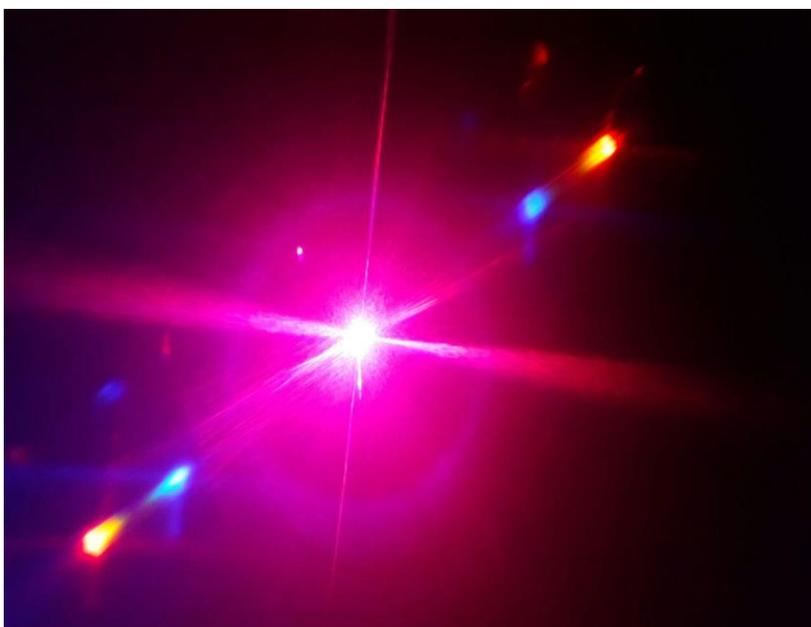
Uma das consequências do modelo de Niels Bohr é a possibilidade de identificar os elementos que constituem as estrelas devido ao estudo do espectro correspondente. O estudo de espectros é dividido pelos espectros de emissão e absorção, sendo eles contínuos ou discretos. Os elementos químicos apresentam 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.

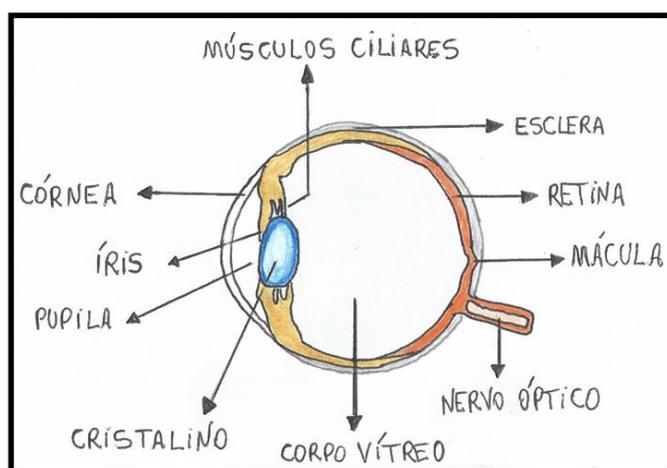
O Olho é o órgão responsável por captar os raios luminosos e transformá-los em impulsos para serem interpretados pelo sistema nervoso. Os componentes que fazem parte da estrutura do olho desempenham atividades específicas para transformação da informação contida na luz em sensações causadas pelo sentido 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.

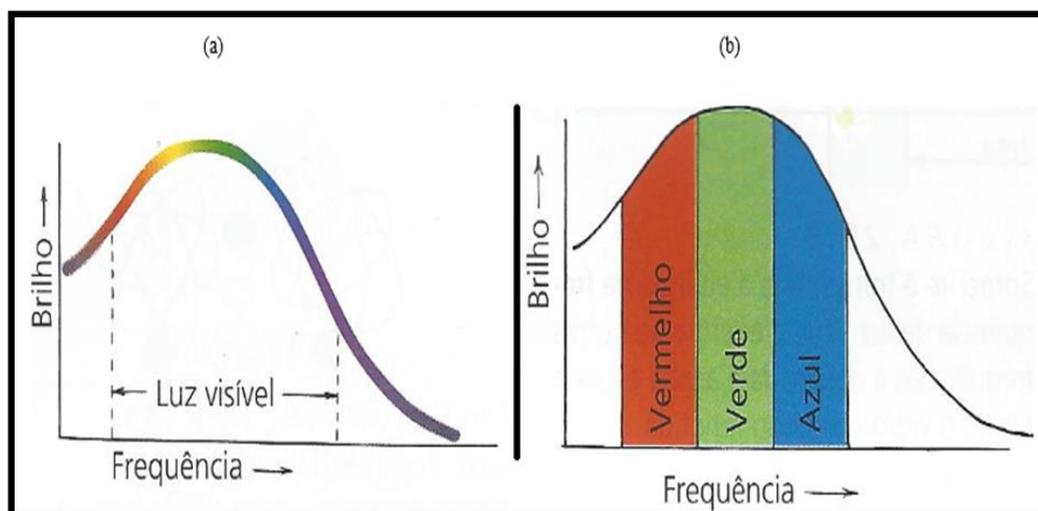


Fonte: O autor.

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).

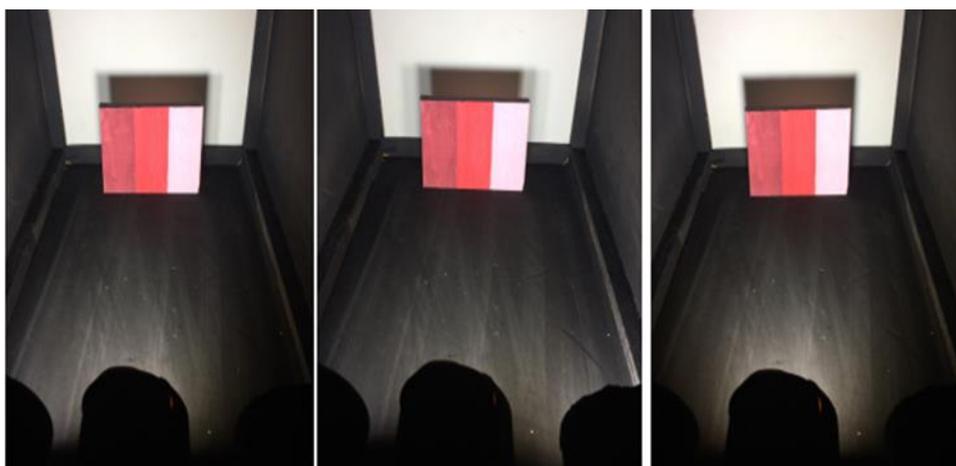
#### 4.1.7 Percepção das Cores

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

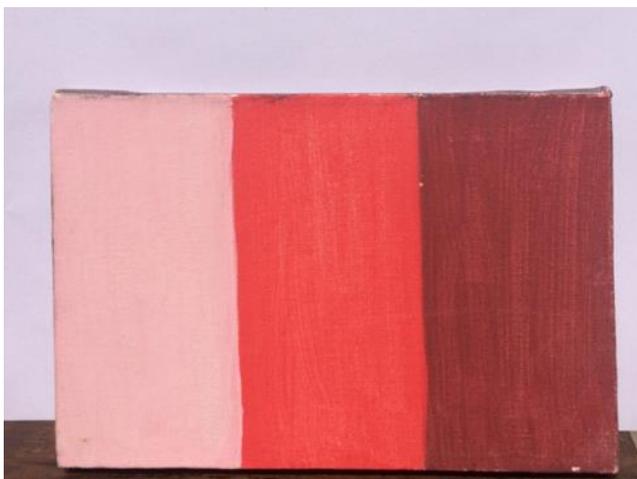
adiciona preto a determinado matiz, este se torna gradualmente mais escuro, e essas gradações são chamadas escalas tonais. Para se obter escalas tonais mais claras acrescenta-se branco (PEDROSA, 2014). Na Figura 21 vemos uma a tela pintada considerando as escalas tonais, no caso a faixa central é a cor 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

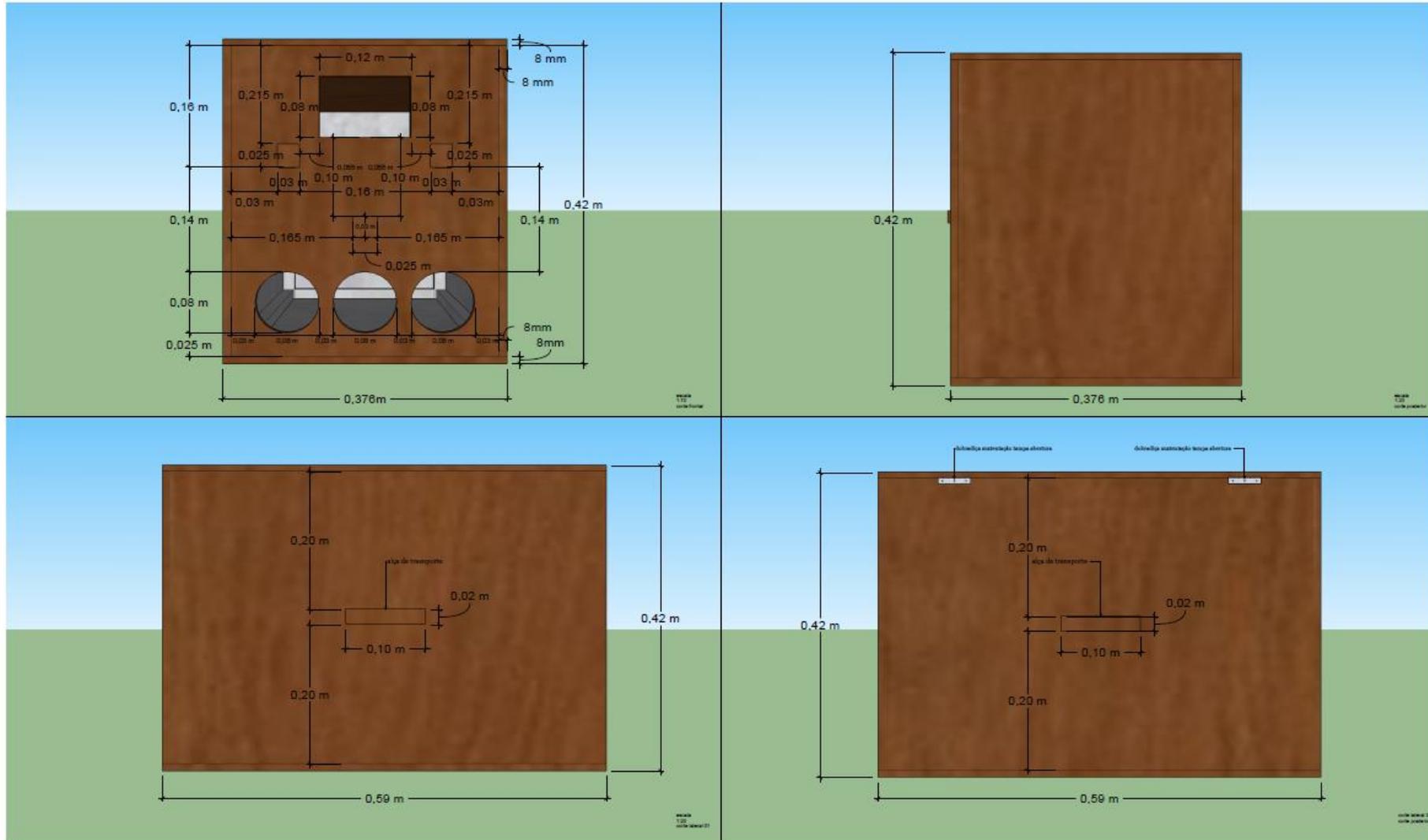
## 5.1 CAIXA DE PERCEPÇÕES (CAIXA)

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 pro<sup>23</sup>. 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.

---

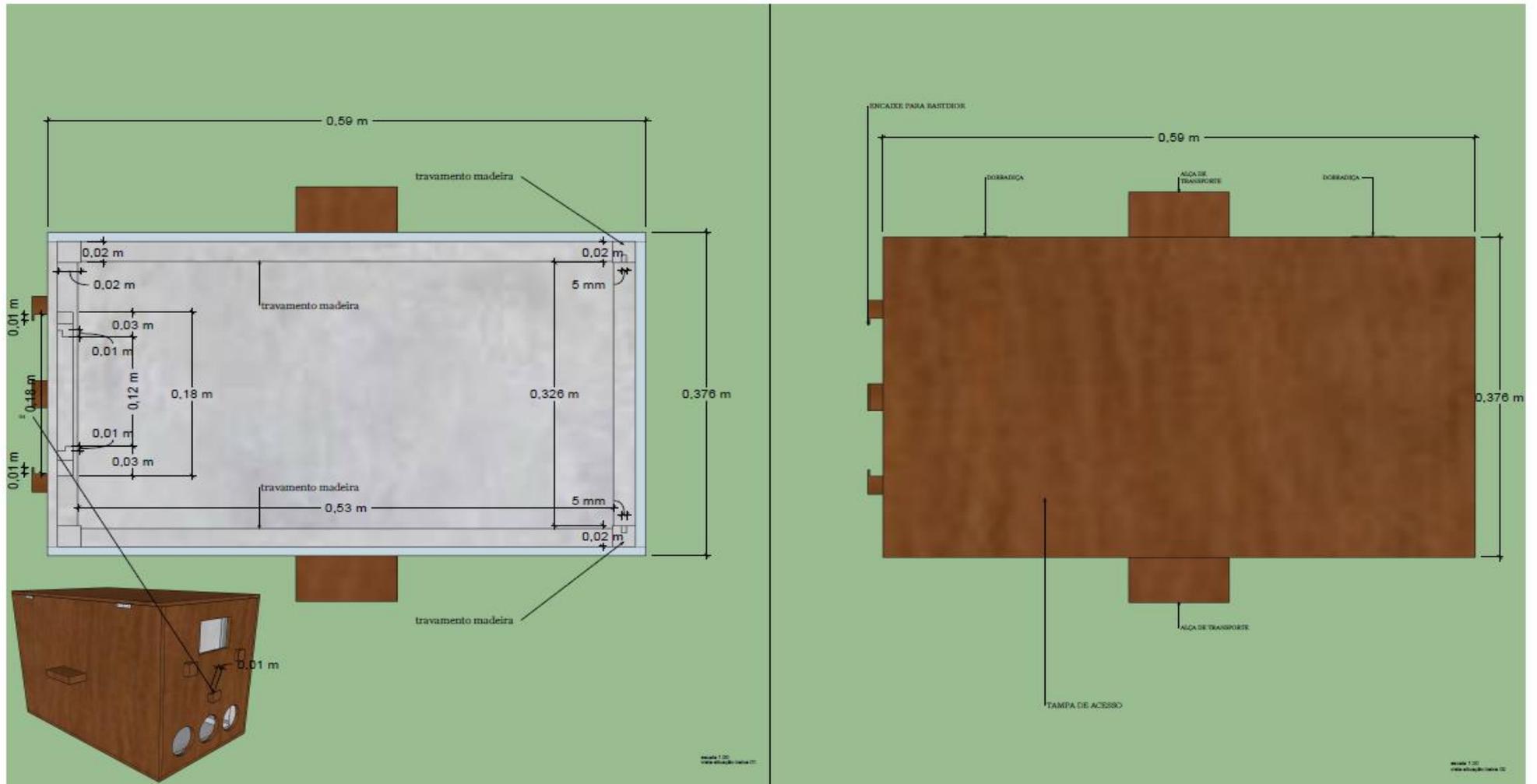
<sup>23</sup> Software utilizado pela empresa AS – pré-moldados que prestou o serviço de desenhar a planta da Caixa de Percepções.

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



Fonte: O autor.

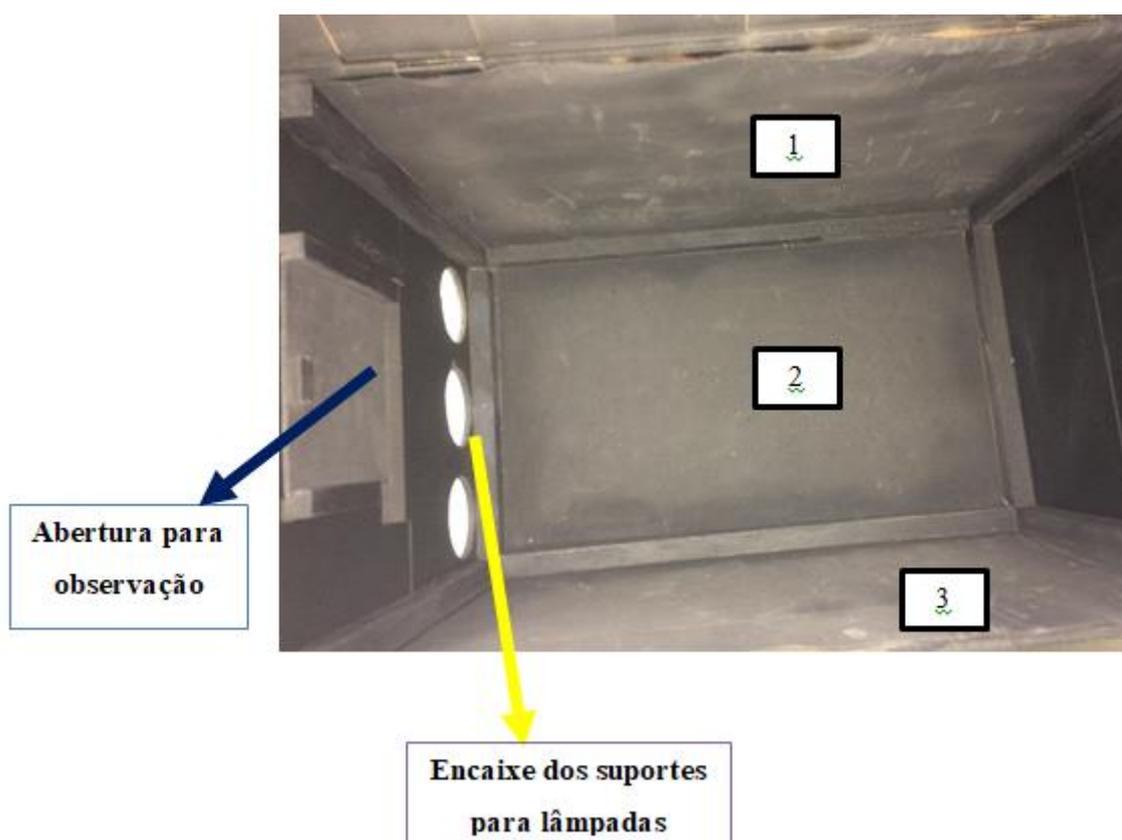
Figura 5. 2: Planta da Caixa de Percepções: visão interna.



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.

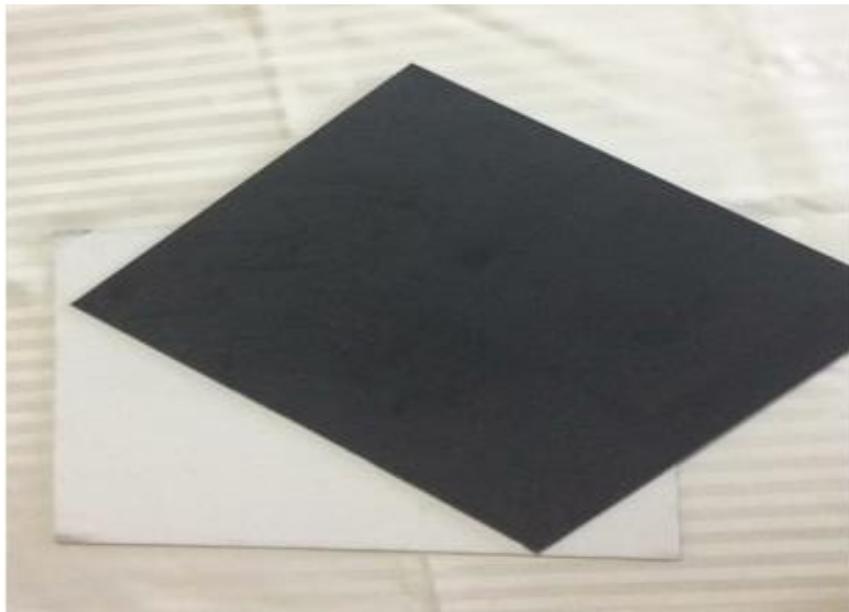
Figura 5. 3: Parte interna da Caixa de Percepções.



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

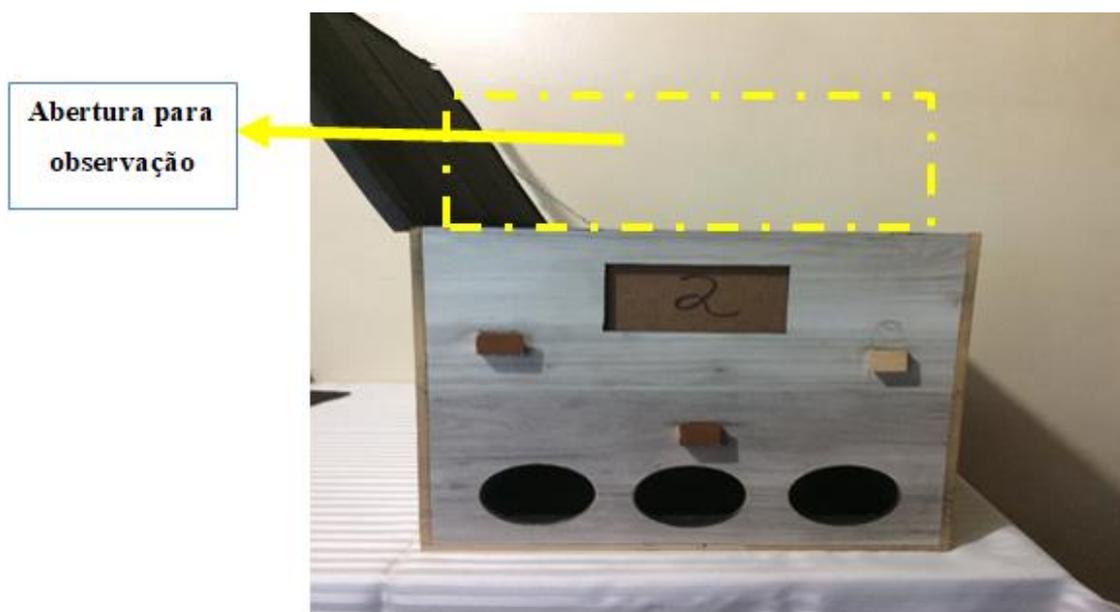
As figuras 5.5 e 5.6 mostram imagens da parte interna e externa da abertura para observação e os furos para o encaixe dos suportes para lâmpadas, respectivamente.

Figura 5. 5: Vista interna da abertura para observação



Fonte: O autor.

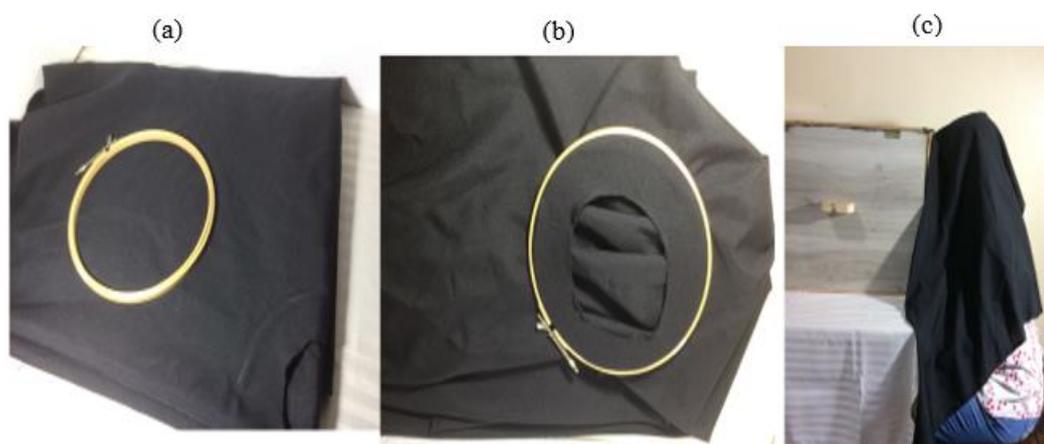
Figura 5. 6: Vista interna da abertura para observação



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.

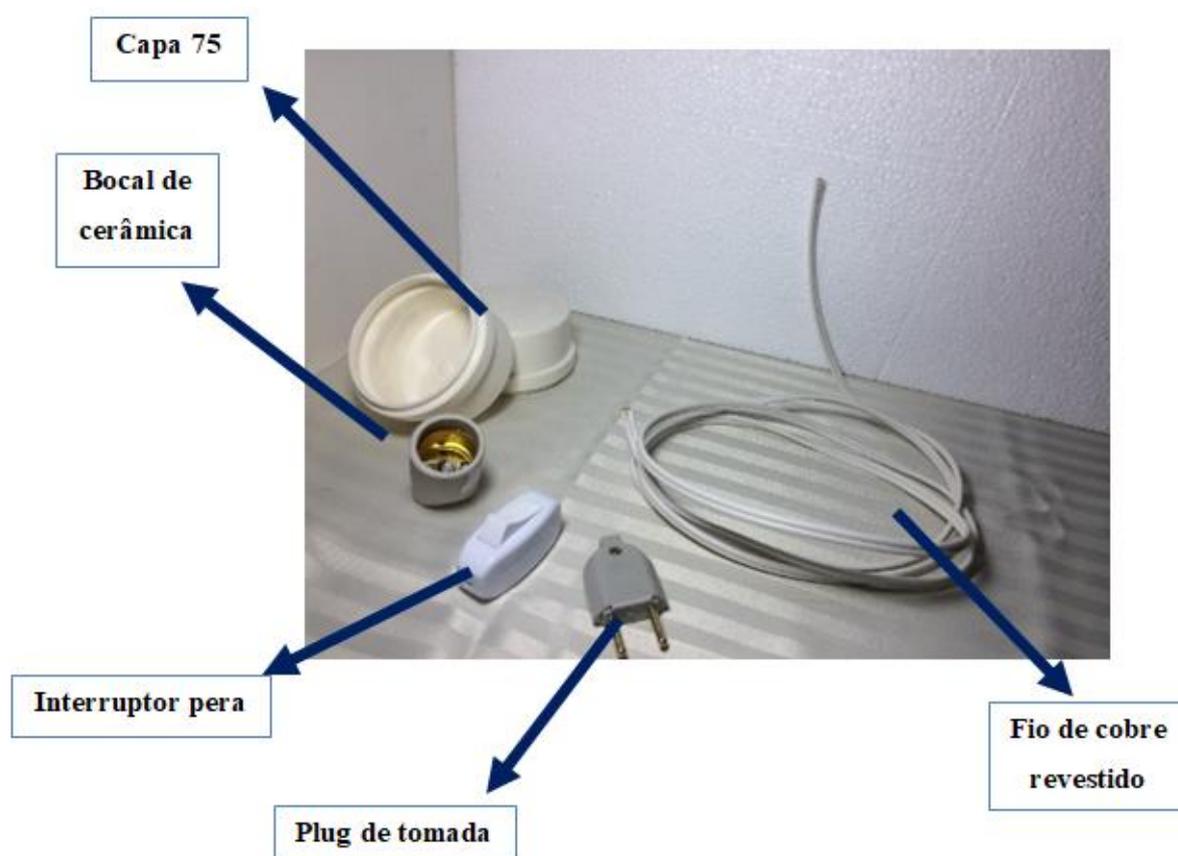


Fonte: O autor.

## 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.

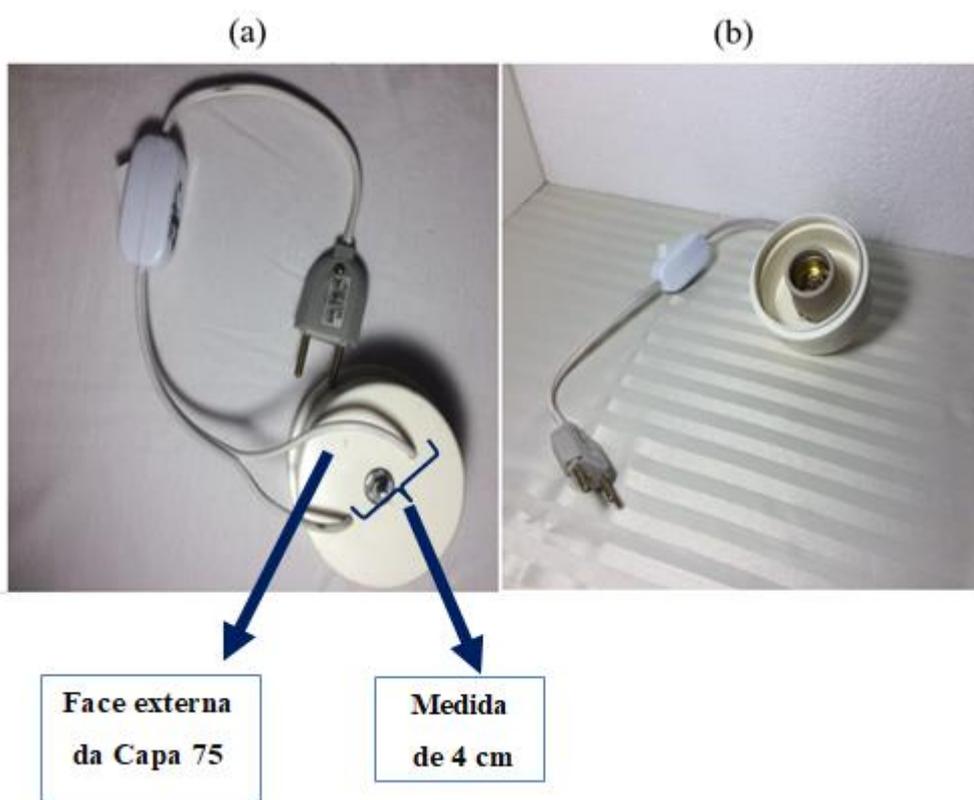


Fonte: O autor.

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

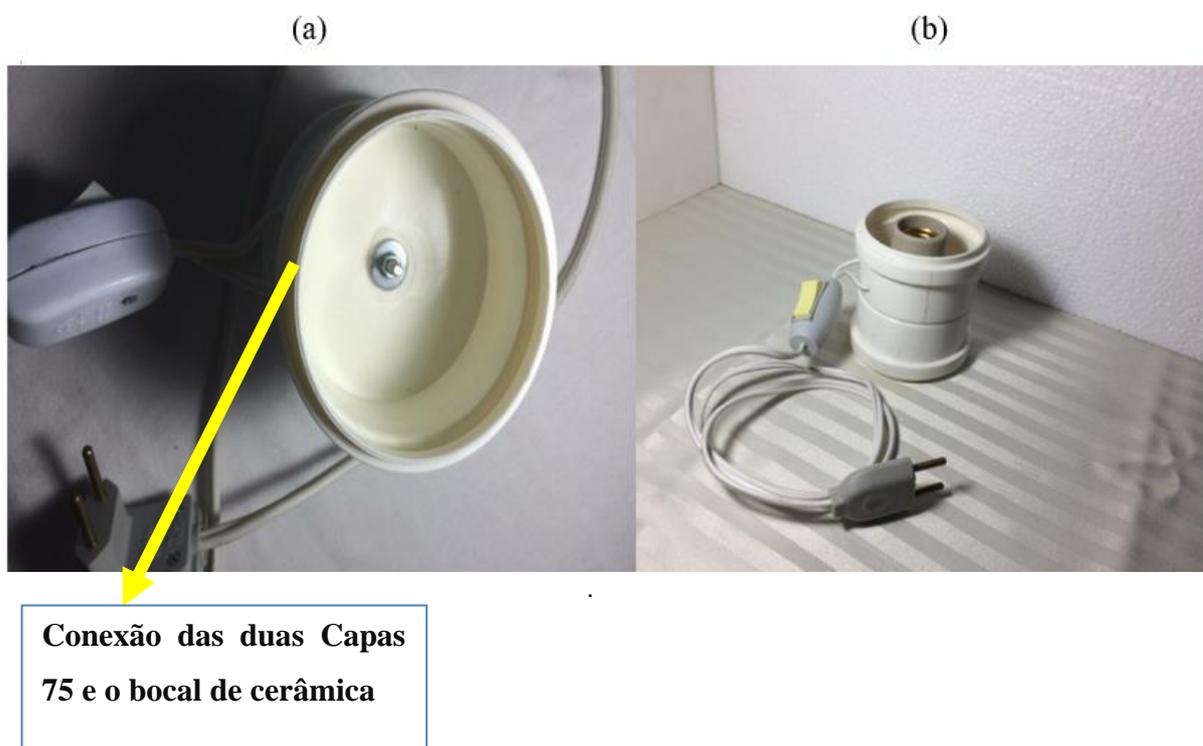
utilizados 25 cm de fio de cobre revestido para cada suporte de lâmpada. No total, foram montados 12 suportes de lâmpadas, divididos em: quatro conjuntos, com três suportes e mais três suportes de lâmpadas verticais para observação fora da Caixa. Para a montagem desse suporte vertical segue os mesmos 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.

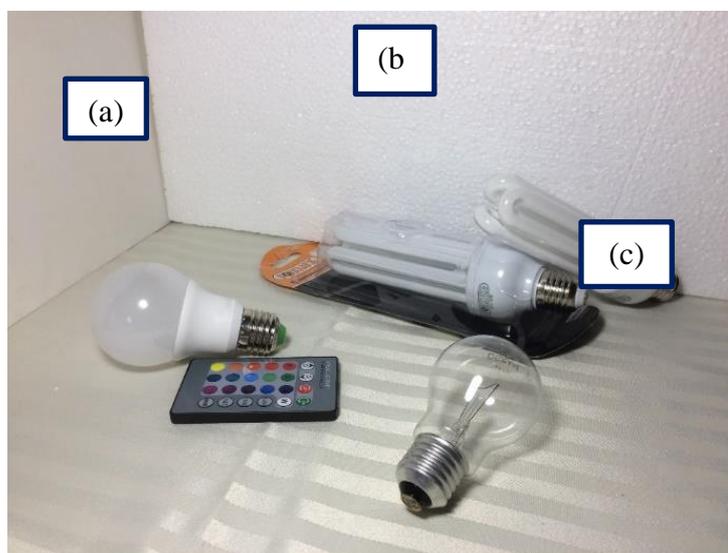
Figura 5. 13: Suporte vertical para lâmpada combinado com o cano revestido de EVA.



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.

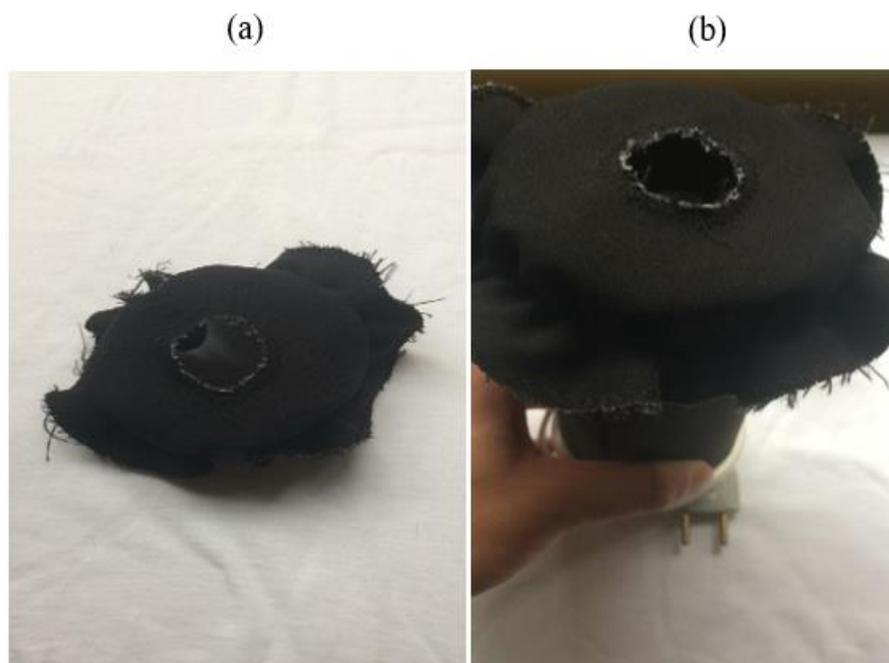
Figura 5. 14: Conjunto de lâmpadas: (a) lâmpada RGB, em (b) lâmpada fluorescente e (c) lâmpada incandescente.



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.

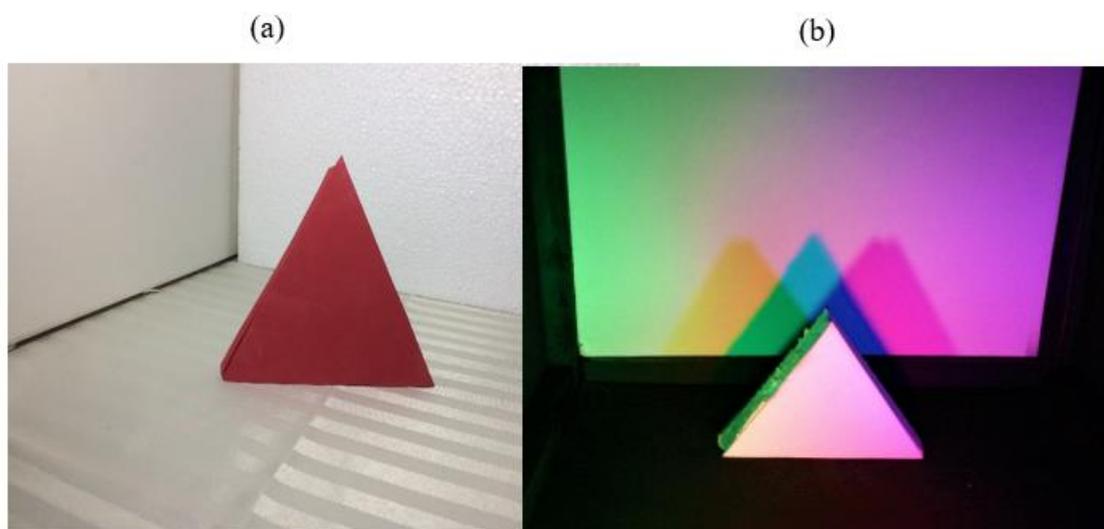


Fonte: O autor.

## 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 Newton<sup>24</sup>.

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.

---

<sup>24</sup> 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.

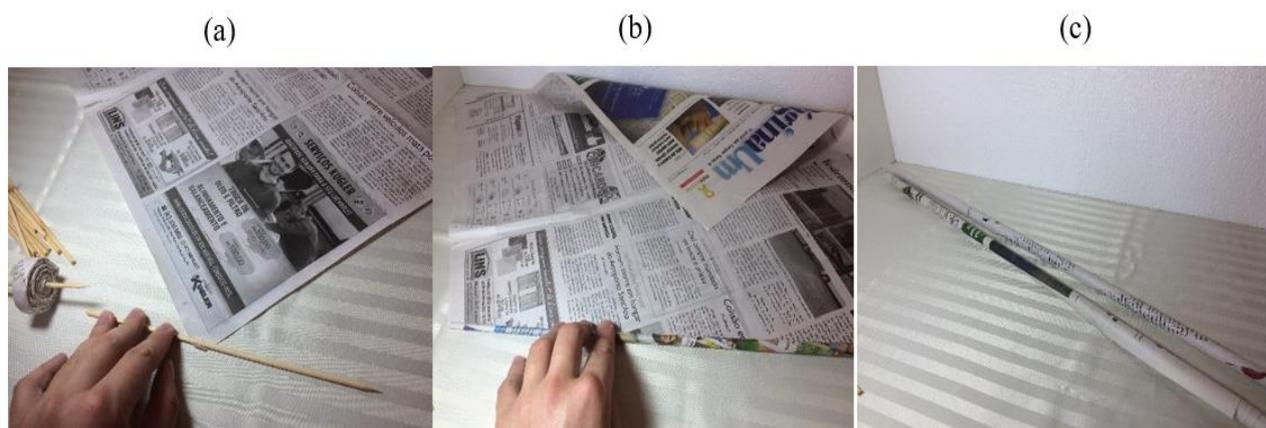


Fonte: O autor.

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.

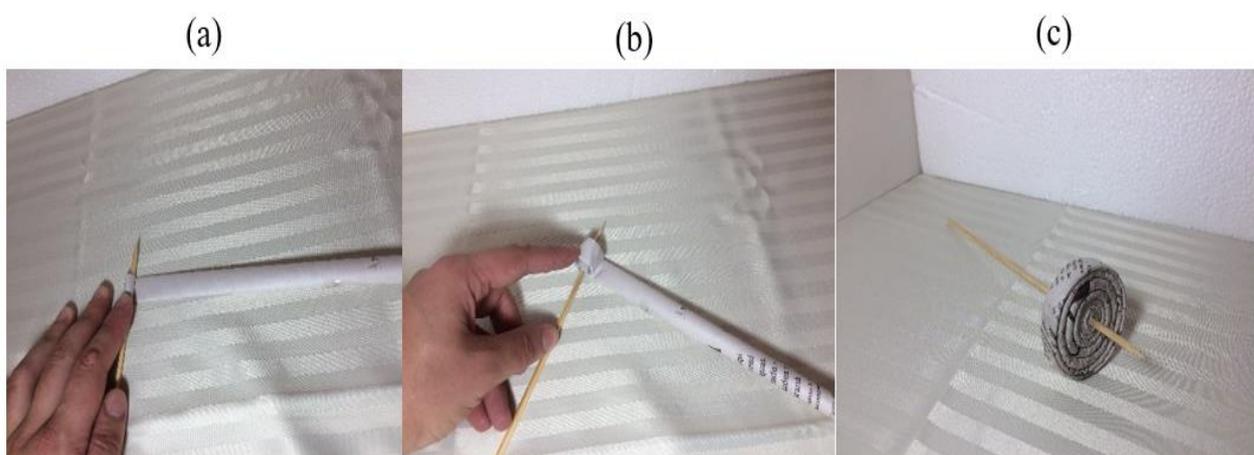
O segundo passo é espalhar cola branca sobre um dos lados da tira e enrolá-la com o lado da cola sobre o palito. A tira deve ser colada a aproximadamente, um dedo de distância de uma das pontas do palito. Enrolar até acabar a tira e o pião estará pronto para ser colorido. Na Figura 5.23, são apresentados 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.

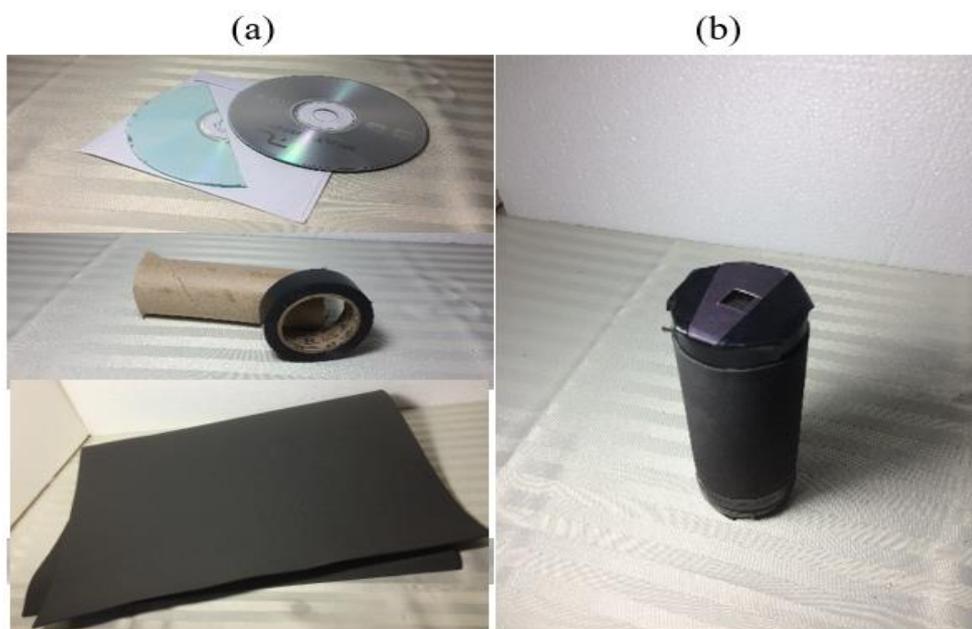
Para construir o espectrômetro, deve-se revestir a parte externa do tubo de papelão e vedar as duas extremidades com o papel cartão. Em uma das extremidades é feita uma

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.

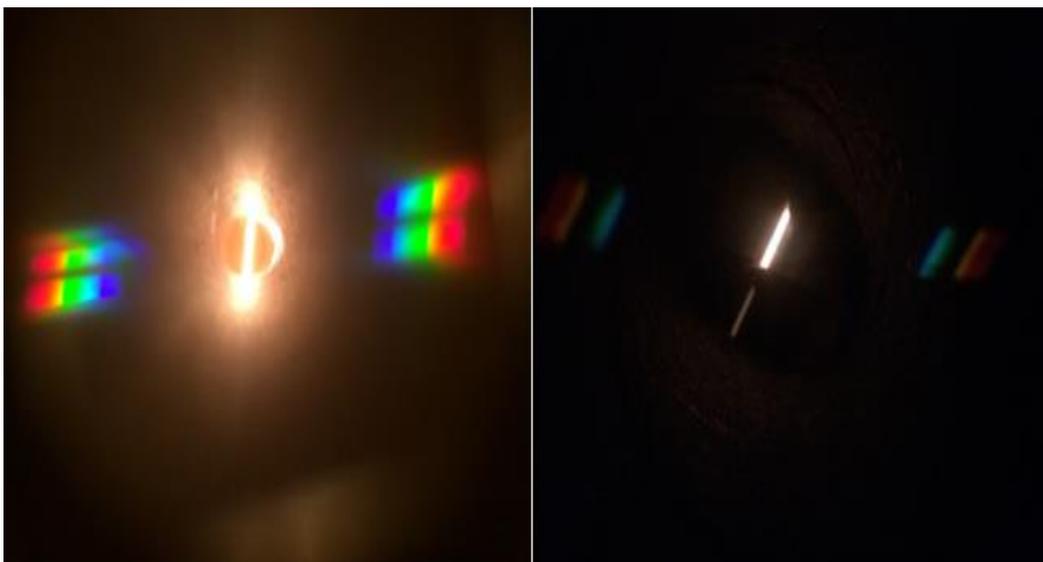
Feitas as aberturas, remove-se cuidadosamente a fita adesiva, usando fita isolante, cola-se o pedaço de CD na parte interna da abertura maior do tudo. A observação deve ser feita na face que contém o pedaço de CD. A Figura 5.24 apresenta o espectrômetro montado, em (a) os materiais utilizados e em (b)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

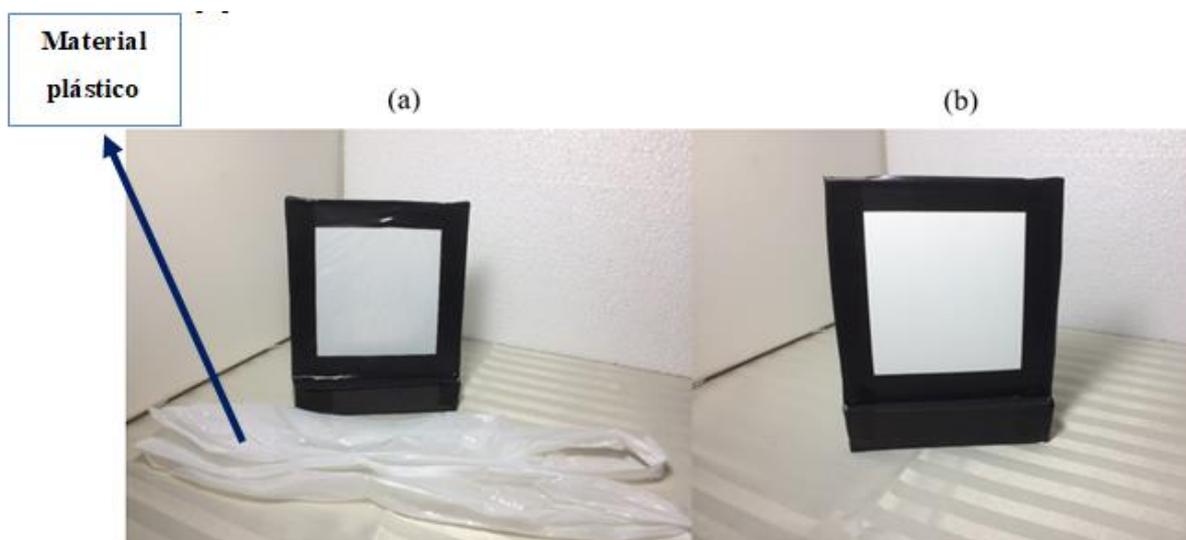


Fonte: O autor.

### 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.



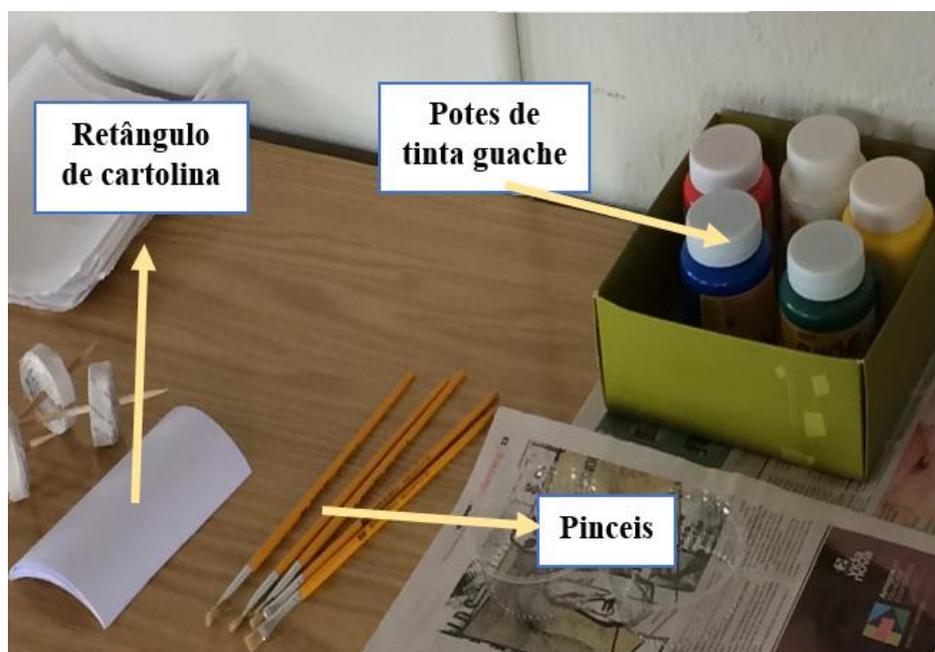
Fonte: O autor.

## 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.

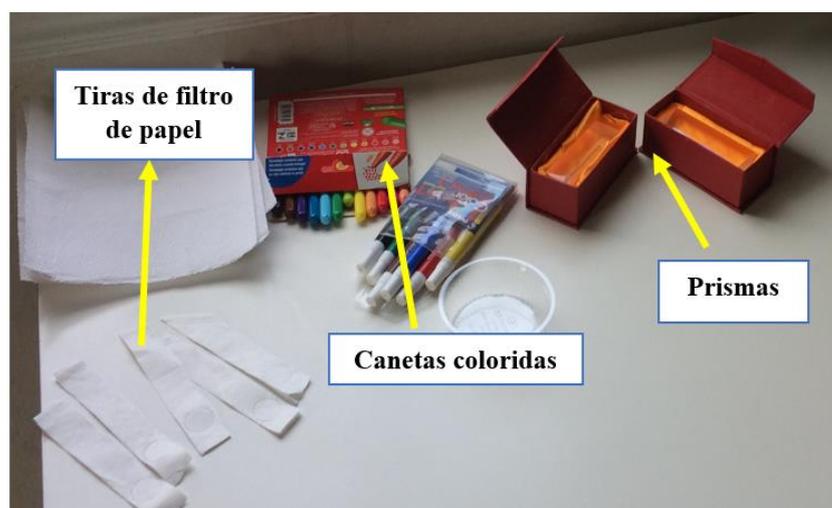
Figura 5. 29: Conjunto de materiais para o estudo da cor-pigmento.



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.

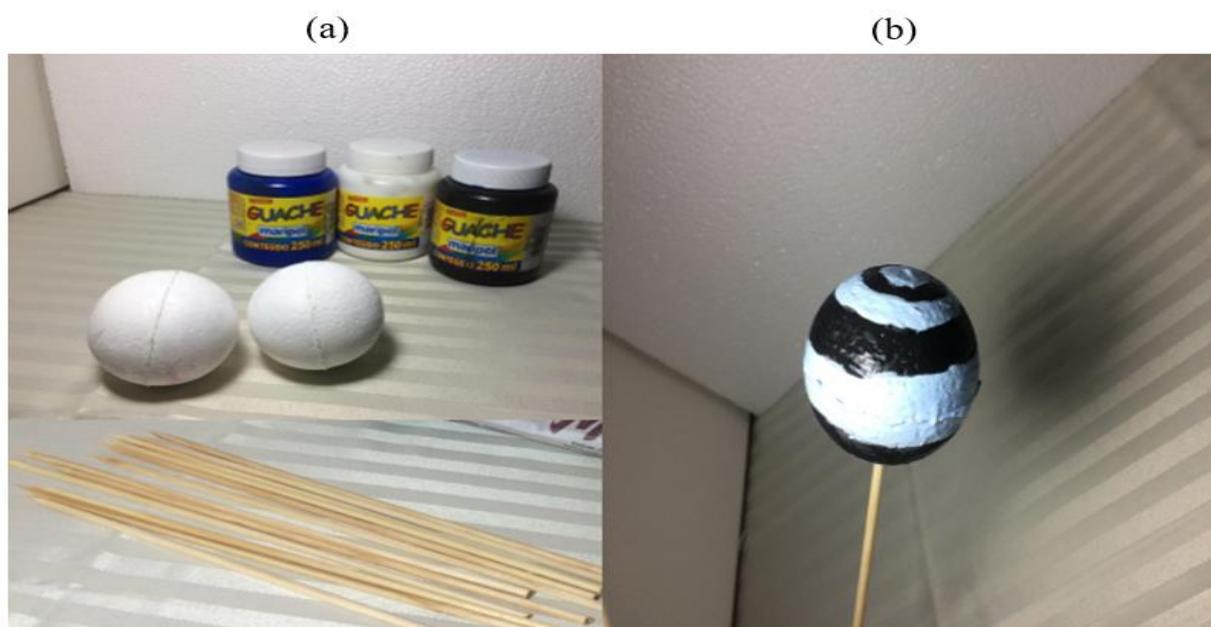


Fonte: O autor.

#### 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)<sup>25</sup> (Dudu Silva, 2015), o segundo vídeo “A sensação que as cores provocam no ambiente – psicologia das cores.” (02:06)<sup>26</sup> (Sou desses, 2016) e o terceiro vídeo “Cor na Publicidade.” (03:10)<sup>27</sup> (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.

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

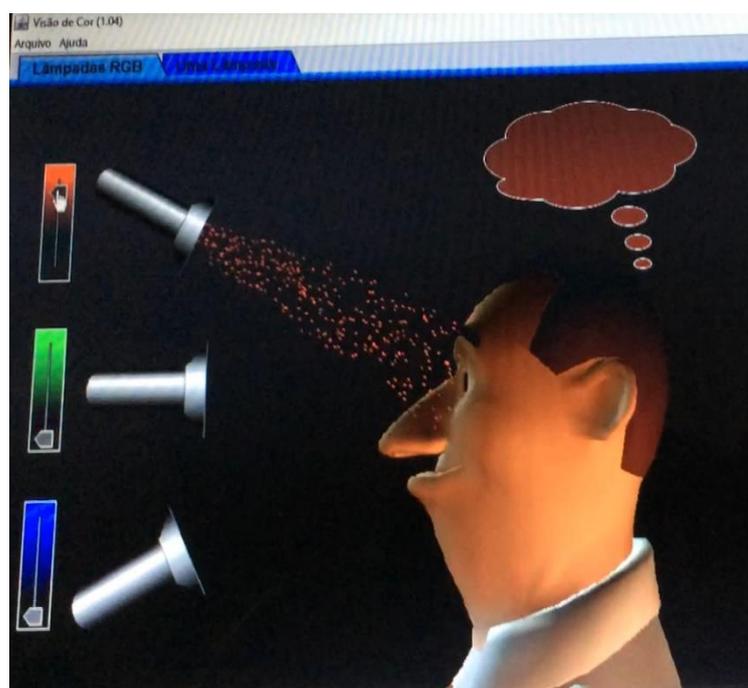
<sup>26</sup> Disponível em: <[https://www.youtube.com/watch?v=sEtg5b\\_TdyQ](https://www.youtube.com/watch?v=sEtg5b_TdyQ)>. Acesso em: 20 abr. 2017.

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

## 6.2 SIMULADOR COLOR VISION<sup>28</sup>

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

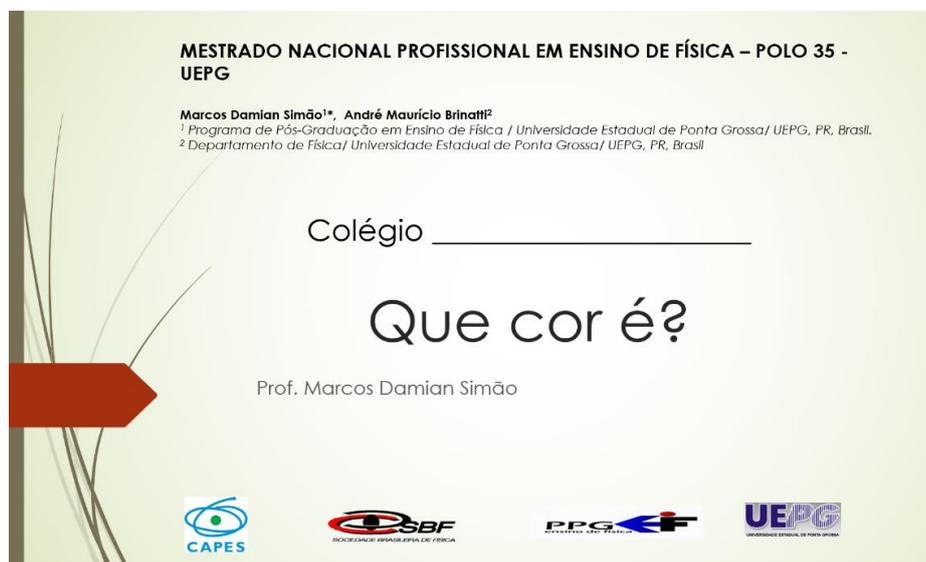
Os slides foram elaborados com o objetivo de auxiliar nas discussões sobre os conceitos relacionados a cor e sua percepção, e permitir que a aula se torne mais dinâmica. Os slides são produzidos pelo professor autor do referido trabalho e podem ser obtidos entrando

---

<sup>28</sup> Disponível em: < [https://phet.colorado.edu/sims/html/color-vision/latest/color-vision\\_en.html](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](mailto: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.

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