



FABIANA CRISTINA CAETANO

LUZ E COR – UMA PROPOSTA DIDÁTICA INTERDISCIPLINAR

Maringá – PR
Fevereiro – 2020



LUZ E COR – UMA PROPOSTA DIDÁTICA INTERDISCIPLINAR

Fabiana Cristina Caetano

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) – Polo UEM, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Shalimar Calegari Zanatta

Maringá – PR
Fevereiro - 2020

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá – PR, Brasil)

C128L Caetano, Fabiana Cristina
Luz e cor: uma proposta didática / Fabiana
Cristina Caetano. -- Maringá, PR, 2020.
xv, 139 f.: il. color., figs., tabs.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Shalimar Calegari
Zanatta.

Dissertação (mestrado profissional) -
Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências
Exatas, Departamento de Física, Programa em Mestrado
Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF),
2020.

1. Eletromagnetismo. 2. Aprendizagem
significativa - Física. 3. Cor (Física). 4. Luz
(Física). 5. Interdisciplinaridade. I. Zanatta,
Shalimar Calegari, orient. II. Universidade Estadual
de Maringá. Centro de Ciências Exatas. Departamento
de Física. Programa em Mestrado Nacional
Profissional em Ensino de Física (MNPEF). III.
Título.

CDD 23.ed. 530

LUZ E COR - UMA PROPOSTA DIDÁTICA INTERDISCIPLINAR

FABIANA CRISTINA CAETANO

Orientadora:

Prof^a. Dr^a. Shalimar Calegari Zanatta

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF) da Universidade Estadual de Maringá, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada por:

Prof^a. Dr^a. Shalimar Calegari Zanatta
UNESPAR/Paranavaí e MNPEF/UEM

Prof. Dr. Dr. André Mauricio Brinatti
DFIS/UEPG – Ponta Grossa

Prof^a. Dr^a. Hercília Alves Pereira de Carvalho
UFPR/Jandaia do Sul e MNPEF/DFI/UEM

Maringá – PR
Fevereiro - 2020

Dedico este trabalho ao meu esposo e à minha filha.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida, pela saúde, paciência, não somente minha, mas dos meus professores que, em algum momento compreenderam minhas inúmeras dificuldades, a minha orientadora por compartilhar seus conhecimentos e a todos os professores que transmitiram seus saberes com maestria.

Em especial, agradeço meu querido esposo e amada filha, pela compreensão, apoio e por não ter me deixado desistir de um sonho.

À Sociedade Brasileira de Física (SBF) que oportunizou a oferta deste Mestrado na UEM – Universidade Estadual de Maringá (Polo 20).

Aos meus alunos, pela colaboração durante a aplicação das atividades.

Aos meus colegas, que proporcionaram momentos de descontração e que dividiram comigo seus anseios, conhecimentos e experiências de vida.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

A todos, meus sinceros agradecimentos.

"Se eu vi mais longe, foi por estar sobre ombros de gigantes."

Issac Newton

RESUMO

LUZ E COR – UMA PROPOSTA DIDÁTICA INTERDISCIPLINAR

Fabiana Cristina Caetano

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Shalimar Calegari Zanatta

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

Este trabalho apresenta a fundamentação teórica, a elaboração e aplicação de uma proposta didática com o tema Luz e Cor, denominado de Produto Educacional ou PE. A escolha do tema se deu a facilidade de promover a interdisciplinaridade entre temas da Física e da Biologia, como as ondas eletromagnéticas e o olho humano, respectivamente. A interdisciplinaridade é um dos requisitos exigidos pelos documentos norteadores da educação. A proposta foi aplicada à uma turma do 2º ano do curso Técnico Integrado de Química do Centro Estadual de Educação Profissional no município de Cianorte – PR. Desta forma, abordamos os temas: ondas eletromagnéticas; cor luz e mescla aditiva; mescla subtrativa; a visão humana. Como pilar teórico para a elaboração da proposta didática, utilizamos a Teoria de Aprendizagem Significativa de David Ausubel, a qual enfatiza a importância dos conhecimentos prévios dos aprendizes ou seus subsunçores. Para tal, utilizamos a construção do mapa conceitual, como proposto por Joseph Novak. Os resultados mostram que a interdisciplinaridade motiva o aluno e isto facilita sua aprendizagem e, neste caso, as metodologias ativas ou pesquisas, podem ser utilizadas como organizadores prévios. Consideramos como positivo o resultado da aplicação do PE para o processo ensino e aprendizagem .

Palavras-chave: Luz e cor; Aprendizagem Significativa; Mapas Conceituais; Interdisciplinaridade.

Maringá – PR.

Fevereiro - 2020

ABSTRACT

LIGHT AND COLOR – AN INTERDISCIPLINARY TEACHING PROPOSAL

Fabiana Cristina Caetano

Supervisor: Prof^a. Dr^a. Shalimar Calegari Zanatta

Master's dissertation submitted to Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF) of the Universidade Estadual de Maringá (UEM), in partial fulfillment of the requirements for the degree Mestre em Ensino de Física.

This work presents the theoretical foundation, the elaboration and application of a didactic proposal with the theme Light and Color, called Educational Product or PE. The choice of the theme was easy to promote interdisciplinarity between subjects of physics and biology, such as electromagnetic waves and the human eye, respectively. Interdisciplinarity is one of the requirements demanded by the guiding documents of education. The proposal was developed with a class of the 2nd year of the Integrated Technician Course of Chemistry of the Centro Estadual de Educação Profissional in the Cianorte city - PR. Thus, we approach the themes: electromagnetic waves, light color and additive blend, subtractive blend, the human vision. As a theoretical pillar for the elaboration of the didactic proposal, we use David Ausubel's Meaningful Learning Theory, which emphasizes the importance of the previous knowledge of the learners or their subsumers. For this, we use the construction of the conceptual map, as proposed by Joseph Novak. The results show that interdisciplinarity motivates the student and this facilitates their learning and, in this case, active methodologies or research can be used as previous organizers. We consider as positive the result of the application of the PE for the teaching and learning process.

Keywords: Light and color; Meaningful Learning; Conceptual Maps, Interdisciplinary

Maringá – PR

February - 2020

Lista de Abreviaturas e Siglas

PCN+ Parâmetros Curriculares Nacionais Mais

PCNEM Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio

DCNEM Diretrizes Curriculares nacionais do Ensino Médio

BNCC Base Nacional Comum Curricular

SI Sistema Internacional de medidas

Índice de Figuras

Figura 1 - Imagem ilustrativa da força eletrostática, \vec{F} , sobre a carga q_1 na direção \hat{r} (vetor unitário), da reta que une as duas cargas, q_1 e q_2 . Sendo r a distância entre as duas cargas.	7
Figura 2 - (a) Imagem ilustrativa de uma força eletrostática \vec{F} age sobre uma carga de prova colocada nas proximidades de uma esfera que contém uma distribuição uniforme de carga negativa. (b) Ilustração das linhas de campo que representam o campo elétrico no espaço que cerca a esfera.	8
Figura 3 – Ilustrações das linhas de campo. Em (a) as linhas de campo de duas partículas com cargas positivas iguais e em (b) das linhas de campo do campo elétrico de duas partículas com cargas opostas. E o vetor campo elétrico, \vec{E} , em um ponto do espaço, tangente a linha de campo.....	9
Figura 4 - Desenho esquemático indicando uma superfície gaussiana esférica de raio r , envolvendo uma carga $Q_{\text{int}} = q$, sendo o campo elétrico \vec{E} perpendicular a um elemento de área $d\vec{A}$	10
Figura 5 - Desenho esquemático indicando uma espira plana circular imersa em um campo magnético \vec{B} . Sendo \hat{n} o vetor normal a área A , e θ o ângulo entre \vec{B} e \hat{n}	12
Figura 6 - Desenho esquemático do movimento de um elétron ($-e$) em uma órbita circular de raio r , com uma velocidade \vec{v} , sendo $i = I$ a corrente e \vec{L} o momento angular, e $\vec{\mu}$ momento de dipolo magnético orbital. Sendo A a área da superfície da órbita circular.....	13
Figura 7 - Ilustração da organização dos spins para diferentes materiais.	15
Figura 8 - Representação de um ímã na posição de: (a) atração e (b) repulsão, sendo N o polo norte e S o polo sul	16
Figura 9 - Ilustração das linhas de campo de um ímã. Em (a) e (c) os ímãs possuem o formato de U e em (b) o formato de C.	16
Figura 10 - Ilustrações: (a) do sentido das linhas de indução do campo magnético \vec{B} em um ímã de barra e (b) a posição da agulha de uma bússola em cada ponto das linhas de campo.	17
Figura 11 - Desenho esquemático indicando os polos geográficos e magnéticos da Terra.	18
Figura 12 - Ilustração da experiência de Newton com prisma sobre a decomposição da luz branca.	21

Figura 13 - Desenho esquemático do experimento de difração e interferência na forma atual (usando uma fonte <i>laser</i>) semelhante ao experimento da fenda dupla de Thomas Young ..	22
Figura 14 - Representação das linhas de \times o magnético ao longo de fio.....	24
Figura 15 - Ilustração da montagem experimental da Experiência de Faraday. Em (a) uma espira ligada a uma fonte com uma chave e a um Galvanômetro G (desenho superior), movimento de vai e vem de um imã dentro da espira (desenho inferior) e a ilustração de um campo magnético (\vec{B}) induzido em (b)..	25
Figura 16 - Desenho esquemático de uma onda eletromagnética plano polarizada.	28
Figura 17 - Ilustração dos elementos de uma onda, para a definição do comprimento de onda λ amplitude A e frequência f , para 3 ciclos. A parte inferior é um vale e a superior a crista da onda.	30
Figura 18 - Ilustração do espectro de uma onda eletromagnética.	31
Figura 19 - Ilustração do processo de captação de uma imagem pelo cérebro no ser humano	35
Figura 20 - Ilustração da estrutura envolvida no sistema visual, e a localização dos cones e bastonetes.	35
Figura 21 - Representação das cores aditivas e subtrativas.	37
Figura 22 - Representação da subtração das cores.....	37
Figura 23 - Classificação referente a matiz, brilho e intensidade de uma cor.....	38
Figura 24 - Ilustração da absorção e reflexão da luz em termos das cores	39
Figura 25 - Representação da conexão entre os aspectos básicos da Ap. Significativa de Ausubel.	44
Figura 26 - Representação esquemática dos princípios de assimilação ausubeliana.	47
Figura 27 - Representação de um Mapa Conceitual da Aprendizagem Significativa de David Ausubel.	49
Figura 28 - Diagrama da organização hierárquica de um Mapa Conceitual.....	50
Figura 29 - Esquema de um mapa conceitual.....	51
Figura 30 - Representação de um mapa conceitual sobre música	64
Figura 31 - Representação de um mapa conceitual sobre as Leis de Newton.....	65
Figura 32 - Imagem fotográfica dos mapas conceituais realizados pelos alunos, com o Tema: cor e luz. Em (b) foi feita uma transcrição anotada pelo símbolo * para melhor compreensão do que foi escrito.	65
Figura 33 - Imagem fotográfica dos mapas conceituais realizados pelos alunos.....	66
Figura 34 - Imagem fotográfica dos mapas conceituais realizados pelos alunos.....	67

Figura 35 - Imagem fotográfica das respostas sobre as perguntas da aula 1. Sendo elas: O que é luz?. Por que enxergamos?; O que é cor?.....	68
Figura 36 - Imagem fotográfica das respostas sobre as perguntas da aula 1.Sendo elas: O que é luz?; Por que enxergamos?; O que é cor?.....	68
Figura 37 - Imagem fotográfica das respostas sobre as perguntas da aula 1. Sendo elas: O que é luz?; Por que enxergamos?; O que é cor?.....	69
Figura 38 - Imagem fotográfica do prisma de vidro com 25 cm de comprimento e 7 cm de aresta utilizado pelos alunos da Equipe 1.....	72
Figura 39 - Imagem fotográfica da experiência realizada pelos alunos da Equipe 1: (a) no anfiteatro com o uso de uma caneta a luz <i>laser</i> e (b) e na sala com luz natural (Sol), em que se observa a decomposição da luz visível pelo prisma.	72
Figura 40 - Imagem fotográfica das anotações realizada pelos alunos da Equipe 2 no quadro da sala.	75
Figura 41- Imagem dos <i>slides</i> da apresentação das atividades dos alunos da Equipe 4.....	76
Figura 42 – Imagem dos <i>slides</i> das apresentações dos alunos da Equipe 6.....	77
Figura 43 – Imagem dos <i>slides</i> das apresentações dos alunos da Equipe 6.....	78
Figura 44 - Imagem fotográfica dos experimentos montados e apresentados pela docente em sala de aula.	80
Figura 45 - Imagem fotográfica dos mapas conceituais realizados pelos alunos. Tema: cor e luz.	81
Figura 46: Imagem fotográfica dos mapas conceituais realizados pelos alunos. Tema: cor e luz.	81
Figura 47: Imagem fotográfica das respostas sobre as perguntas: O que é luz?;O que é cor?; Por que enxergamos? Respondidas na aula 8.	82
Figura 48: Imagem fotográfica das respostas sobre as perguntas: O que é luz?; O que é cor?; Por que enxergamos? . Respondidas na aula 8.	83
Figura 49: Imagem fotográfica das respostas sobre as perguntas: O que é luz?; O que é cor?; Por que enxergamos?. Respondidas na aula 8.	84

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Múltiplos e submúltiplos.	33
Tabela 2 – Dados do comprimento de onda e frequência para cada cor.....	34

Índice de Quadros

Quadro 1 – Representação das Grandezas magnéticas, seu símbolo e unidades no Sistema Internacional.....	19
Quadro 2 – Plano de atividades a ser desenvolvidas na aplicação do PE.....	61
Quadro 3 – Ordem por aula para a aplicação do conteúdo e a metodologia utilizada da proposta didática	62
Quadro 4 – Resumo das principais situações que ocorreram durante a realização do trabalho das equipes.....	86

Sumário

INTRODUÇÃO	1
1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA – CONCEITOS FENOMENOLÓGICOS	5
1.1 O Vetor Campo Elétrico \vec{E}	5
1.2 O Campo Magnético (\vec{H}), a Indução Magnética (\vec{B}) e Fluxo da Indução Magnética (Φ_B)	10
1.3 A História da Descoberta da Luz	20
1.3.1 Ondas Eletromagnéticas	20
1.3.2 Caracterização da Onda Eletromagnética	28
1.4 Cor (mescla aditiva e subtrativa) e a Visão Humana	32
1.5 Teorias da Aprendizagem	39
1.5.1 Aprendizagem Significativa de David Ausubel	40
1.5.2 Mapas Conceituais	49
1.5.3 Interdisciplinaridade	52
1.6 Uso de Diferentes Metodologias em Sala de Aula	55
2. PRODUTO EDUCACIONAL - PROPOSTA DIDÁTICA PARA TRABALHAR O TEMA LUZ E COR	60
2.1 Aplicação do Produto Educacional	63
3. ANÁLISES DAS ATIVIDADES	84
CONSIDERAÇÕES FINAIS	90
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	92
Anexo A – Autorização	99
Apêndice 1 – Produto Educacional	100

INTRODUÇÃO

Para os epistemólogos do século XX, a Ciência não pode mais ser mecânica, positivista e pautada única e exclusivamente no Método Científico. Porém, não há consenso sobre quais caminhos o homem deve trilhar para desenvolvê-la.

A Física é uma ciência que se consagra na consonância entre suas teorias, aparentemente distintas. Os pilares teóricos vão se construindo pouco a pouco, num processo de idas e vindas e entrelaçamentos. Por outro lado, por questões didáticas, os livros são fragmentados e não mostram como uma teoria corrobora com outra, aparentemente distinta.

Os professores seguem esta sistemática de apresentação das leis naturais. Como resultado, os alunos pensam que Física, Química, Biologia e Matemática são áreas distintas. Diante disso, eles não enxergam a função ou utilidade do conhecimento para suas vidas porque tudo é, aparentemente, estanque e paralelo. É exatamente aqui, que a interdisciplinaridade deve agir como estratégia de mostrar as conexões entre as diferentes áreas do conhecimento e mesmo dentro da mesma área.

A desconexão entre os diferentes saberes pode justificar o desinteresse dos alunos que não conseguem visualizar a beleza da Ciência ou da Física, especificamente, não se sentem parte dela. Na verdade, a Física é colocada como resultado de mentes geniais.

Werneck (1996), a respeito do desinteresse dos alunos, diz:

Creio que ensinamos demais e os alunos aprendem de menos e cada vez menos! Aprendem menos porque os assuntos estão cada dia mais desinteressantes, mais desligados da realidade dos fatos e os objetivos mais distantes da realidade da vida dos adolescentes (WERNECK, 1996. p. 13).

Assim, procura-se buscar conteúdos e metodologias consistentes com seus interesses e que possam motivá-los à aprendizagem. Pois a motivação faz parte do processo de ensino/aprendizagem em que um aluno motivado procura novos conhecimentos, razões para aprender, melhorar e descobrir.

No entanto, o professor tem um papel importante, pelo ponto de vista pedagógico, motivar significa oferecer um motivo, estimular o aluno a ter vontade de aprender.

Além disso, para atender as diferenças cognitivas de cada aluno, procura-se utilizar várias metodologias didático-pedagógicas, tais como: leitura, vídeos, observação de fenômenos, execução de experimentos, pesquisas e análises, com intenção de mostrar para os estudantes que as interações dos conceitos físicos que envolvem o tema proposto estão diretamente ligadas com o seu cotidiano.

De acordo com Gasparin (2002):

A tarefa docente consiste em trabalhar o conteúdo científico e contrastá-lo com o cotidiano, a fim de que os alunos, ao executarem inicialmente a mesma ação do professor, através das operações mentais de analisar, comparar, explicar, generalizar, etc., apropriem-se dos conceitos científicos e neles incorporem os anteriores, transformando-os também em científicos constituindo uma nova síntese mais elaborada (GASPARIN, 2002. p. 58).

As diferentes metodologias utilizadas na aplicação desta proposta (vídeos, debates, pesquisas e experimentação), têm como objetivo principal fazer com que os estudantes relacionem e compreendam os conceitos de várias formas. Para Medeiros e Rosa (2009):

A adoção de metodologias diferenciadas é essencial para promover um melhor processo ensino-aprendizagem, principalmente quando se busca uma formação qualificada de profissionais na área do ensino. Incluindo o fato de que o cotidiano de docentes e alunos é bastante dinâmico, é de fundamental relevância a também dinamização das aulas (MEDEIROS e ROSA, 2009, p. 5)

Ainda de acordo com Gasparin (2015), a metodologia deve dar condições ao estudante de compreender a essência dos conteúdos estudados, proporcionando ligações de aprendizagem com a realidade. Este é um indicativo da transformação do conhecimento empírico para o conhecimento científico.

Uma das metodologias utilizadas foi a experimentação. Ela aprimora a observação, a paciência e a curiosidade do aluno. A partir dela, é possível dizer que, ao praticarmos a observação, podemos entender a relação dos fenômenos observados.

As aulas experimentais no ensino de Física são de fundamental importância e têm sido mencionadas por muitos autores. Os conteúdos são assimilados de forma significativa quando relacionada a outras ideias e conceitos, ficando evidente para o aluno. Essa prática, inclusive, auxilia na busca de outros conhecimentos.

Dessa forma, podemos observar a importância da interação prático/teórica no ensino de Física. Mas ela não deve ser o único instrumento, precisa fazer parte de

um processo. Segundo Alves (2005), a experimentação deve ser utilizada com cautela, suas contribuições não devem ser supervalorizadas ou ensinadas excessivamente, e sim fazer parte de uma didática interativa.

Com isso a proposta tem por finalidade responder as perguntas:

O que é Luz?

O que é Cor?

Por que enxergamos?

Que conhecimento sobre luz e cor os alunos possuem? E qual é o nível conceitual?

Quais são os conhecimentos específicos existentes (subsunçores) na estrutura cognitiva dos alunos?

Assim, esse trabalho tem por objetivos, a interdisciplinaridade, bem como, elaborar, validar e dar explicações científicas para o ensino do tema luz e cor que contemple o ensino de Física, identificando os conhecimentos prévios dos alunos, visando a organização de um material potencialmente significativo com uma turma de 32 (trinta e dois) estudantes do 2º ano do curso Técnico Integrado de Química do Centro Estadual de Educação Profissional do município de Cianorte – PR, tal que ao finalizar a aplicação da proposta didática interdisciplinar eles possam compreender e relacionar os conceitos envolvidos.

Os estudantes escolhidos possuem algumas particularidades que são importantes mencionar, pois podem dificultar o processo de ensino/aprendizagem. Uma delas, é o fato de que as disciplinas do Ensino Médio têm sua carga horária reduzida em virtude das disciplinas específicas do curso técnico. No caso, no Ensino Médio são duas aulas semanais de Física durante os três anos, já no curso técnico que têm duração de 04 (quatro) anos possuem duas aulas semanais de Física ministradas sendo essas nos dois primeiros anos. Reduzindo assim, quando comparado com o ensino médio, em um ano o tempo para ministrar o mesmo conteúdo.

Outro fator, são os conteúdos básicos que deveriam ser ensinados no 9º ano do Ensino Fundamental II, na disciplina de Ciências, tais como: Sistemas Conservativos de Energia, Conceitos de Movimento, Deslocamento, Velocidade, Aceleração, Trabalho e Potência. No âmbito do assunto explorado neste trabalho, Energia Elétrica e sua relação com o magnetismo oferecem um suporte para a introdução da disciplina de Física.

Diante ao exposto, o presente trabalho está apresentado conforme segue. Para melhor compreensão do tema, o Capítulo 1 traz uma revisão bibliográfica sobre a fundamentação teórica fenomenológica que embasa a compreensão deste trabalho e os pressupostos teóricos que suportam o desenvolvimento didático metodológico.

Assim, discute-se a existência do campo elétrico, o campo magnético e suas especificidades, as ondas eletromagnéticas, mescla aditiva e subtrativa e a visão humana. Ainda no capítulo 1 abordam-se a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, contribuições de Joseph Novak com os Mapas Conceituais, a interdisciplinaridade, finalizando uma sessão sobre o uso de diferentes metodologias em sala de aula.

No Capítulo 2, apresenta-se o desenvolvimento do Produto Educacional (PE) com sua aplicação no contexto do público alvo escolhido e os desafios pertinentes.

As análises das atividades estão apresentadas no Capítulo 3. Seguida das Considerações Finais e das Referências Bibliográficas. Na sequência, está o Anexo A que trás o termo de autorização para aplicação do PE na instituição de ensino. E, o Apêndice I traz o Produto Educacional em separado, como um guia para o professor utilizar.

1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA – CONCEITOS FENOMENOLÓGICOS

Este capítulo trata da revisão bibliográfica sobre as fundamentações teóricas e fenomenológicas que embasam a compreensão deste trabalho e os pressupostos teóricos que suportam o desenvolvimento didático metodológico.

A cor de um determinado objeto é o resultado da percepção humana sobre a interação entre as ondas eletromagnéticas denominadas de ‘luz’ visível e o material que constitui o objeto.

A compreensão da natureza da luz foi um dos fenômenos mais instigantes para a humanidade. Atualmente, para a Física Clássica, a luz visível é uma oscilação entre campos elétricos e magnéticos que se comportam como onda, por isso, denominada de onda eletromagnética, que pode se propagar no espaço vazio com velocidade constante simbolizada por ‘c’. A interação entre estas ondas e a matéria pode levantar inúmeros fenômenos, inclusive, ‘colorir’ um objeto e como nós enxergamos as cores.

1.1 O Vetor Campo Elétrico \vec{E}

O conceito de campo elétrico foi construído historicamente desde tempos remotos, “a partir da descoberta dos fenômenos de atração elétrica, registrada no século VI a.C.” (Silva, 2006, p.44).

Hewitt sugere a presença do campo elétrico como “uma espécie de aura que se estende através do espaço” (2002, p.381), preenchendo o espaço ao redor de cada corpo eletricamente carregado, considerando a observação feita por Gardelli (2004):

“Deve-se notar, no entanto que (...) expressões do tipo região do espaço ao redor de uma carga ou região de influência passam uma ideia de algo limitado, sendo que na verdade, a ideia aceita atualmente é a de que os campos estejam presentes em todos os lugares.” (GARDELLI, 2004, p.10).

Para Silva (2002, p. 13), o conceito de campo elétrico “no contexto do século XIX, foi visto como um campo de força no espaço, definido em cada ponto e uma teoria de campo é qualquer teoria que permite calcular os valores dessas forças”.

Para Reitz, Milford e Christy (1982, p. 39), “o campo elétrico num ponto é definido como o limite da razão da força sobre uma carga teste, quando esta tende a zero”.

Como mostra a literatura, a compreensão do Campo Elétrico não é trivial, mas podemos compreendê-lo como um meio de atuação da força de interação a uma distância entre duas ou mais cargas elétricas, ou podemos interpretá-lo como uma propriedade da carga elétrica.

Sobre a carga elétrica Q esta é um múltiplo inteiro da carga elementar e (menor quantidade de eletricidade presente num corpo) que possui o valor de $1,6 \times 10^{-9} C$. Assim, a carga elétrica é escrita como: $Q = n e$, sendo n o número de elétrons que o átomo ganhou ou o número de elétrons que o átomo perdeu, ou seja, átomos que ganham elétrons se comportam como negativo (carga negativa), átomos que perdem elétrons se comportam como positivos (carga positiva). A unidade medida da carga elétrica pelo Sistema Internacional (SI) é o Coulomb (C).

Essa necessidade se deu em virtude da observação, feita por Charles Coulomb em 1785, de atração e repulsão entre corpos carregados eletricamente. De acordo com Coulomb, a força de atração ou repulsão é dada pela Equação (1):

$$\vec{F} = K \frac{|Q_1| |Q_2|}{r^2} \hat{r} \quad , \quad (1)$$

sendo: \hat{r} o vetor unitário no eixo da distância r (em metros) entre as cargas Q_1 e Q_2 (em Coulomb) e K é a constante eletrostática que depende do meio, que no caso do vácuo é escrita como:

$$K = K_0 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \quad , \quad (2)$$

em que ϵ_0 é denominada de constante de permissividade do espaço vazio (vácuo) e equivale a $8,85 \times 10^{-12} \frac{C^2}{Nm^2}$.

A Figura 1 ilustra a força eletrostática que a carga Q_1 está submetida em termos do vetor unitário, \hat{r} , na direção da reta que une as duas cargas.

Figura 1 - Imagem ilustrativa da força eletrostática, \vec{F} , sobre a carga q_1 na direção, \hat{r} (vetor unitário), da reta que une as duas cargas, q_1 e q_2 . Sendo r a distância entre as duas cargas.



Fonte: Halliday e Resnick, 2016.

Assim, no caso em que duas cargas de mesmo sinal, em que o produto entre as cargas Q_1 e Q_2 seja positivo, a força que age em Q_1 terá o mesmo sentido de \hat{r} . No entanto, se as duas cargas tiverem sinais opostos, o produto entre Q_1 e Q_2 for negativo, a força que age em Q_1 será oposta ao sentido de \hat{r} .

O campo elétrico foi instituído pela necessidade de justificar a interação da força eletrostática entre duas cargas distantes entre si. É uma grandeza abstrata que utiliza o conceito de uma grandeza idealizada, a 'carga teste', simbolizada por q_0 .

A carga teste é pontual, definida como positiva e tem a função de medir o campo elétrico produzido por uma distribuição de cargas elétricas (positivas ou negativas) sem alterá-lo.

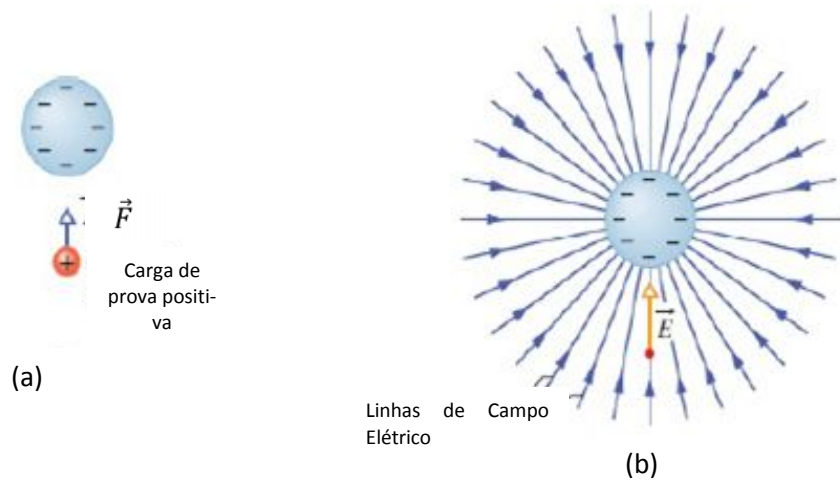
Matematicamente, definimos o campo elétrico \vec{E} , na posição de q_0 , como sendo:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}, \quad (3)$$

em que: \vec{F} é o vetor da força eletrostática (força de Coulomb) observada pela carga teste q_0 através do campo elétrico \vec{E} .

A Figura 2 (a) representa a força eletrostática \vec{F} agindo sobre uma carga de prova positiva próxima a uma esfera carregada negativamente, enquanto a Figura 2 (b) ilustra as linhas do campo elétrico em torno da esfera. A unidade do campo elétrico no Sistema Internacional (SI) é dada por Newton/Coulomb, simbolizada por N/C.

Figura 2 - (a) Imagem ilustrativa de uma força eletrostática \vec{F} age sobre uma carga de prova colocada nas proximidades de uma esfera que contém uma distribuição uniforme de carga negativa. (b) Ilustração das linhas de campo que representam o campo elétrico no espaço que cerca a esfera.

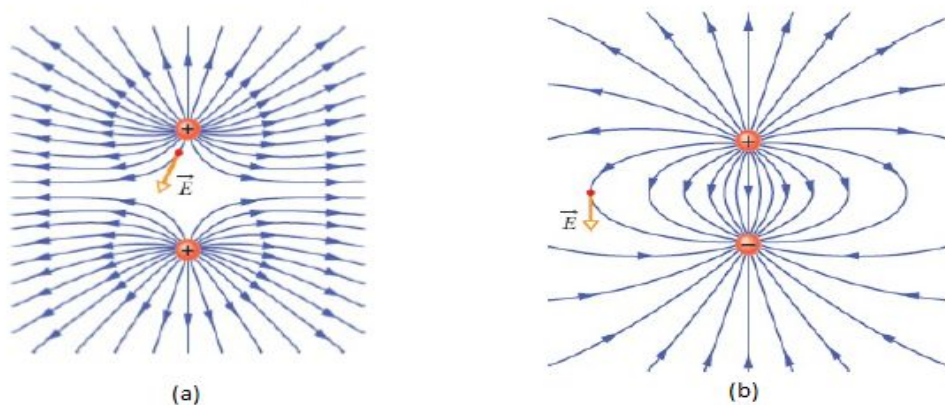


Fonte: Halliday e Resnick, 2016.

A força eletrostática e o campo elétrico são grandezas vetoriais com a mesma direção e sentido e obedecem ao princípio da superposição, ou seja, somam-se vetorialmente. Dito de outra forma, a força de Coulomb resultante e, portanto, o campo elétrico resultante, é dado pela soma vetorial de cada uma das contribuições.

Convencionou-se representar o campo elétrico por meio de linhas imaginárias. O vetor campo elétrico, \vec{E} , é tangente às linhas de campo, como ilustra a Figura 3, para cargas iguais em (a) e cargas diferentes em (b). Observando que as linhas de campo saem em cargas positivas e entram em cargas negativas.

Figura 3 - Ilustrações das linhas de campo. Em (a) as linhas de campo de duas partículas com cargas positivas iguais e em (b) das linhas de campo do campo elétrico de duas partículas com cargas opostas. E o vetor campo elétrico, \vec{E} , em um ponto do espaço, tangente a linha de campo.



Fonte: Halliday e Resnick, 2016.

Desta forma, a representação da configuração do campo elétrico por linhas de campo (também chamadas de linhas de força) permite visualizar a direção, o sentido e a intensidade do campo elétrico em cada ponto do espaço.

Matematicamente, podemos escrever para o campo elétrico resultante devido a um conjunto de n cargas pontuais próximas a uma carga de prova positiva:

$$\vec{E}_{total} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 \dots \dots \dots + \vec{E}_n. \quad (4)$$

O campo elétrico para uma dada distribuição esférica de cargas elétricas é dado por:

$$\vec{E} = K \frac{Q}{r^2} \hat{r}, \quad (5)$$

Sendo:

\vec{E} - Vetor campo elétrico (N/C);

K - Constante dielétrica do vácuo ($(N m^2)/C^2$) = $9,0 \times 10^9 (N m^2)/C^2$);

Q -Carga elétrica dada em Coulomb (C);

r - Distância entre as cargas dada em metro (m);

\hat{r} – Vetor unitário na direção radial.

Ao representar um campo elétrico por meio das linhas de campo, seu valor deve ser proporcional à intensidade do campo elétrico. Essa relação está representada pela diferença na densidade de linhas quando próximas ou distantes às cargas.

Quando as cargas se aproximam, devido às forças de interação eletrostática, as linhas de campo sofrem deformações. Lembrando que, nas cargas com mesmo sinal surge uma força de repulsão entre si, enquanto as cargas de sinais contrários surgem uma força de atração.

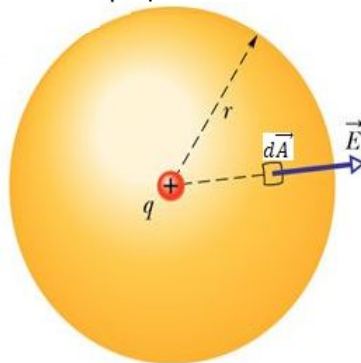
Podemos resumir dizendo que como a carga elétrica é uma grandeza física apresentada por um corpo em desequilíbrio de elétrons esta pode ser representada por um campo elétrico, devido a uma força de interação à distância.

Com essa definição de campo elétrico pode-se definir uma lei geral para calcular o campo elétrico – a Lei de Gauss para campos elétricos informa que o fluxo de campo elétrico total (ϕ) através de uma superfície fechada (denominada de su-

perfcie gaussiana) é proporcional a carga contida em seu interior. Por simetria \vec{E} é perpendicular a um elemento de área $d\vec{A}$ e apontado para fora (conforme ilustrado na Figura 4 para uma superfície gaussiana, no caso, esférica) e é calculado pela Equação (6).

$$\phi = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q_{int}}{\epsilon_0}. \quad (6)$$

Figura 4 - Desenho esquemático indicando uma superfície gaussiana esférica de raio r , envolvendo uma carga $Q_{int} = q$, sendo o campo elétrico \vec{E} perpendicular a um elemento de área $d\vec{A}$.



Fonte: Halliday e Resnick, 2016.

Em todas as situações descritas até o momento, a(s) carga(s) elétrica(s) é (são) considerada(s) estando em repouso. O que pode ocorrer se a carga elétrica apresentar um movimento? É o que será apresentado na próxima subseção.

1.2 O Campo Magnético (\vec{H}), a Indução Magnética (\vec{B}) e Fluxo da Indução Magnética (Φ_B)

Enquanto o campo elétrico é uma propriedade da carga elétrica, o campo magnético pode ser considerado como uma consequência relativística do movimento da carga elétrica (Feynman, 2008). Não existe carga magnética!

Como consequência, podemos ter um campo magnético devido ao movimento dos elétrons (carga elétrica negativa) em torno de si mesmos (momento angular de spin) e em torno do núcleo atômico (momento angular orbital) ou em torno de um fio por onde passa uma corrente elétrica (movimento de elétrons).

Podemos distinguir as diferentes origens do campo magnético, mas sempre associado ao movimento da carga elétrica, porém, poderá ser representado por uma configuração estática.

O \vec{H} é considerado o vetor campo magnético e é medida pela intensidade da corrente por comprimento do fio, e conhecida também como intensidade do campo magnético¹. Sua unidade no SI é A/m .

Além do vetor campo magnético \vec{H} , existem outras grandezas magnéticas: indução magnética \vec{B} e o fluxo do campo magnético Φ_B .

A indução magnética \vec{B} , dado no SI por T (Tesla, $T = \frac{N}{Am}$), representa a força de acoplamento interno dos elétrons em movimento rotacional e angular em função da corrente elétrica que passa por um fio condutor de comprimento L .

A relação entre o vetor intensidade magnética (ou vetor campo magnético) \vec{H} e o vetor indução magnética \vec{B} , é dada por $\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu_0} - \vec{M}$, em que \vec{M} , é o vetor intensidade de imantação, como será apresentado posteriormente.

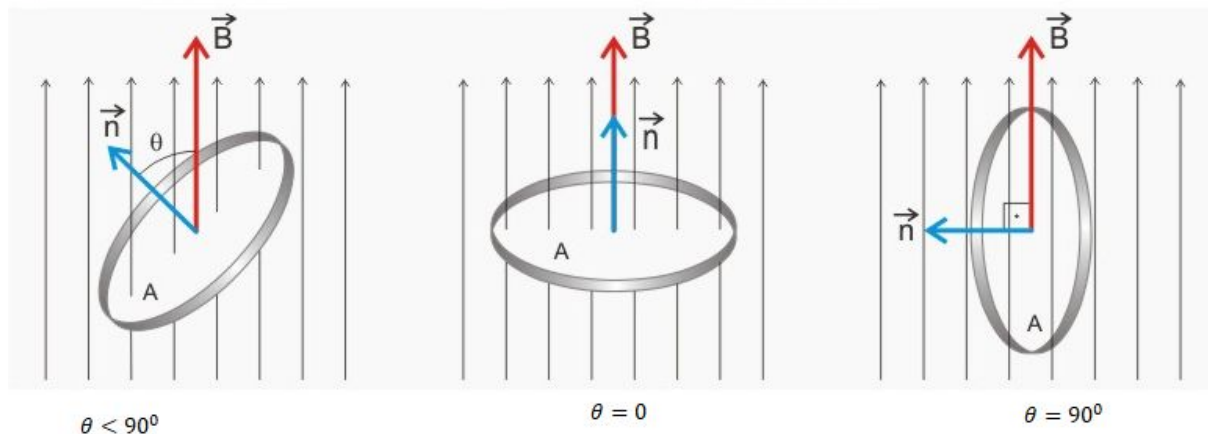
O fluxo magnético Φ_B , mede o número de linhas de indução do campo magnético (\vec{B}) que atravessa uma área específica. A unidade de medida no SI é o Wb (Weber). Um Wb é igual a $T m^2$, ou seja, o fluxo magnético é proporcional à área da superfície.

Para isso, instituímos um vetor normal, \vec{n} , que é perpendicular à área onde queremos investigar o fluxo magnético, entre a indução magnética \vec{B} e o vetor \vec{n} forma-se um ângulo θ , conforme ilustrado na Figura 5, em que se tem uma espira plana imersa em um campo magnético. Considerando as 3 situações apresentadas nessa figura a expressão do fluxo magnético $\Phi_B = BA \cos \theta$ ficam escritas na forma, para:

- $\theta = 0$, temos que $\cos 0 = 1$, então $\Phi_B = B A \cos 0 = BA$
- $\theta = 90^\circ$, temos que $\cos 90^\circ = 0$, então $\Phi_B = B A \cos 90^\circ = 0$
- $\theta < 90^\circ$, temos que $\Phi_B = B A \cos \theta$

¹ A unidade de \vec{H} no sistema gaussiano de unidades (CGS) é dado em Oersted, cuja abreviatura é Oe.

Figura 5 - Desenho esquemático indicando uma espira plana circular imersa em um campo magnético \vec{B} . Sendo \hat{n} o vetor normal a área A , e θ o ângulo entre \vec{B} e \hat{n} .



Fonte: Borges e Nicolau, 2015.

Do ponto de vista atômico, apesar de todos os elétrons girarem em torno de si e do núcleo atômico do átomo ao qual pertencem, é possível que, para um átomo ou para o material, o campo magnético resultante seja nulo. Isto porque as contribuições individuais podem se cancelar.

Por outro lado, quando o átomo apresenta camadas eletrônicas incompletas, como o ferro, por exemplo: o momento magnético intrínseco devido ao momento angular de *spin* dos elétrons solitários somam-se, independentemente de haver ou não, momento magnético de origem angular orbital.

O momento magnético fundamental, conhecido por magnéton de Bohr (μ_B), representa o momento magnético mínimo devido ao movimento do elétron em torno de si ou do núcleo.

Considere que o movimento de um elétron em torno do núcleo possa ser descrito como uma corrente num anel sem resistência, em que essa corrente produza um fluxo de campo magnético, efeito esse representado matematicamente pela Equação 7:

$$\mu_B = I A, \tag{7}$$

em que:

μ_B é o magnéton de Bohr;

I é a corrente em Ampère (A);

A é a área da superfície em (m²).

Pela teoria de Bohr (1913), o elétron no átomo move-se com velocidade v em uma órbita circular de raio r , movimento esse expresso pela Equação (8):

$$\mu_B \approx \frac{ev}{2\pi r} (\pi r^2). \quad (8)$$

Então,

$$\mu_B \approx \frac{evr}{2}. \quad (9)$$

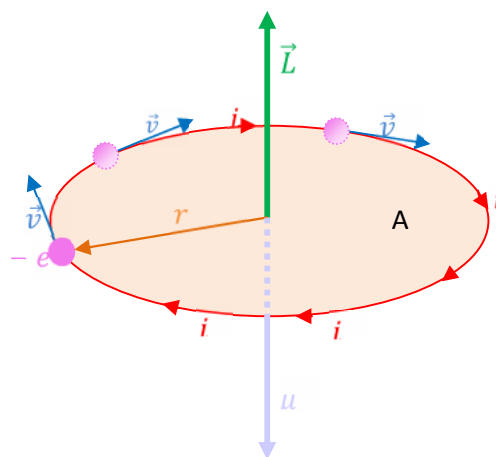
Sendo: e carga do elétron em Coulomb (C);

v é a velocidade do elétron em (m/s);

r é o raio da área em (m);

A Figura 6 ilustra o movimento circular de um elétron gerando uma corrente e um momento angular (\vec{L}). E, a corrente gera um campo magnético análogo ao momento de dipolo magnético (μ). Também possui um momento angular e um de dipolo magnético de spin (um em sentido oposto ao outro).

Figura 6 - Desenho esquemático do movimento de um elétron ($-e$) em uma órbita circular de raio r , com uma velocidade \vec{v} , sendo $\vec{i} = I$ a corrente e \vec{L} o momento angular, e $\vec{\mu}$ momento de dipolo magnético orbital. Sendo A , a área da superfície da órbita circular.



Fonte: figura adaptada da referência MUNHOZ, M. G. disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/112166/mod_resource/content/1/Aula03.pdf>.

O postulado de Bohr diz que o momento angular do elétron deve ser um múltiplo inteiro de $h/2\pi = \hbar$, em que h é a constante de Planck, e \hbar a constante reduzida de Planck ou constante de Dirac.

Desta forma, o momento angular, de acordo com a Mecânica Clássica, $\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p}$, sendo $\vec{p} = m\vec{v}$ o momento linear. Como o ângulo entre \vec{r} e \vec{p} (representado pela direção e sentido de \vec{v} na Figura 6) é de 90° , temos que a magnitude do momento angular é dada por:

$$L = rmv = \frac{n\hbar}{2\pi}, \quad (10)$$

sendo m é a massa do elétron. Tal que, o momento angular rmv é um múltiplo inteiro de $\frac{\hbar}{2\pi}$ e Equação (10) informa a quantização do momento angular.

Considerando a primeira órbita de Bohr ($n = 1$) e igualando as Equações: (9) e (10), temos:

$$\mu_{orb.} = \frac{e\hbar}{2m} = \mu_B \quad , \quad (11)$$

em que: μ_B é o magnéton de Bohr cujo valor é de $9,2732 \times 10^{-24} \text{ J/T}$.

Analogamente, o momento magnético de spin, é dado por:

$$\mu_{spin} = \frac{e\hbar}{2m} \quad . \quad (12)$$

Considerando as regras (da mecânica quântica) que regem o acoplamento entre os momentos magnéticos, orbital e de spin, o momento magnético resultante do átomo pode apontar em direções discretas.

O momento magnético resultante de um átomo pode se acoplar de diferentes formas com o momento magnético resultante de outro átomo, resultando em diferentes ordens magnéticas, como: ferromagnetismo, ferrimagnetismo, paramagnetismo, diamagnetismo e antiferromagnéticos.

O momento magnético resultante de cada átomo interage com o campo magnético aplicado no material de tal forma que a magnetização \vec{M} aumenta as linhas de indução dessa forma:

$$\vec{B} = \mu_0 (\vec{H} + \vec{M}) \quad , \quad (13)$$

em que:

\vec{B} é o vetor indução magnético;

μ_0 é a permeabilidade magnética do vácuo, cujo valor é de $4\pi \times 10^{-7} \text{ Tm/A}$;

\vec{H} é o campo magnético aplicado;

\vec{M} é a magnetização volumétrica do material.

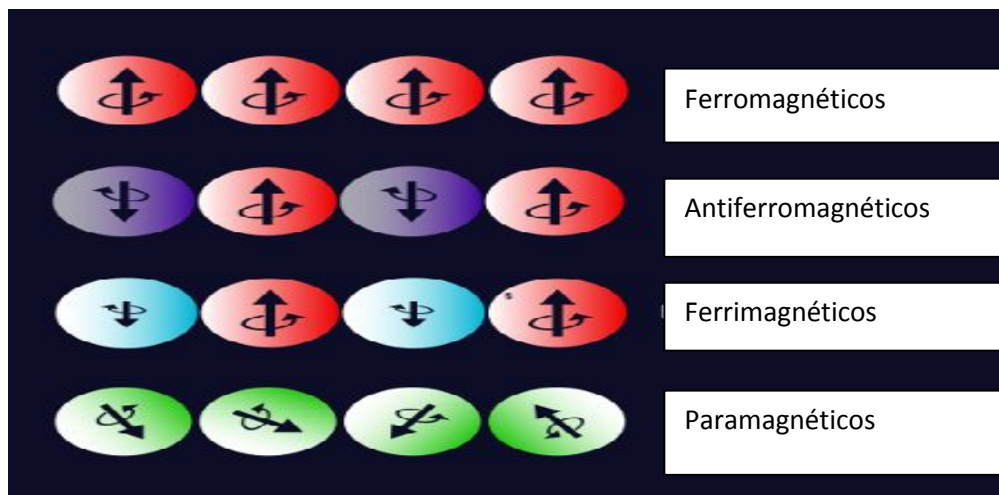
A permeabilidade magnética de um meio revela a facilidade com que um material, quando submetido a um campo magnético externo \vec{H} possui de se magnetizar.

Conforme mostra a relação (13), no vácuo, (onde não existirá a possibilidade de magnetização \vec{M} a intensidade da indução do campo magnético \vec{B} é proporcional ao campo magnético \vec{H} , ou seja:

$$\vec{B} = \mu_0 \vec{H}. \quad (14)$$

A Figura 7 mostra um arranjo ou a ordem de acoplamento entre os spins no interior de diferentes materiais: Ferromagnéticos, Antiferromagnéticos, Ferrimagnéticos e Paramagnéticos. A variação no tamanho das setas (spins) indica se a susceptibilidade magnética positiva é grande, pequena e reduzida.

Figura 7: Ilustração da organização dos spins para diferentes materiais.



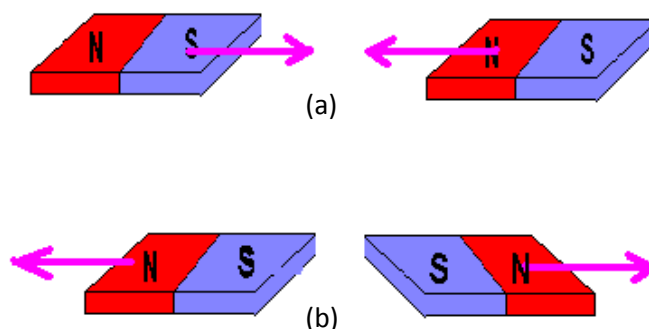
Fonte: Brasil Escola, Disponível em: <<https://s1.static.brasilecola.uol.com.br/img/2019/06/momentos%20magneticos%20de%20diferentes%20materiais%20magneticos.jpg>>

Os ímãs permanentes são sólidos cristalinos anisotrópicos, ou seja, existe uma direção preferencial para o momento magnético total (spin e orbital) apontar, o

que resulta numa magnetização paralela entre os momentos magnéticos totais de cada átomo.

As forças de atração e repulsão entre os ímãs levaram a convencionar a existência de dois polos, denominados de Norte e Sul. Polos iguais se repelem e polos diferentes se atraem, como indicado na Figura 8. Os polos são os locais onde se intensificam as atividades magnéticas.

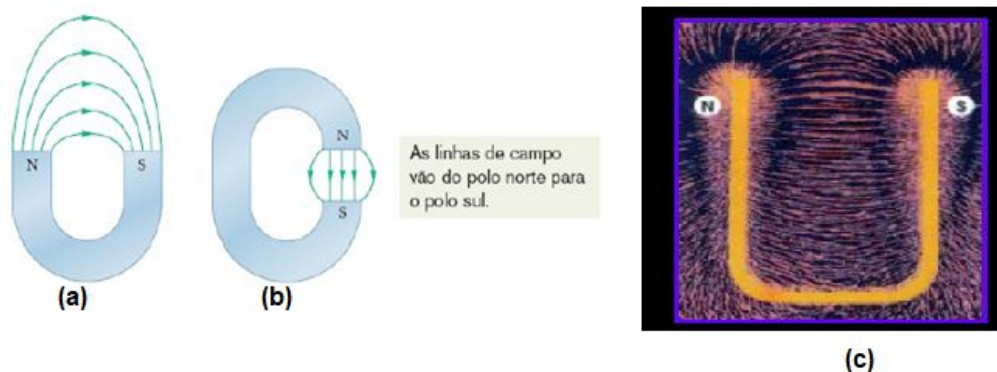
Figura 8 – Representação de um ímã na posição de: (a) atração e (b) repulsão, sendo N o polo norte e S o polo sul.



Fonte: <<https://sala23a.files.wordpress.com/2009/12/magnet2.gif>>.

A configuração das linhas de indução magnética (\vec{B}) depende da geometria dos ímãs. As Figuras 9 (a), (b) e (c) ilustram um exemplo de algumas geometrias em forma de U (ferradura) ou de um C. O campo magnético do ímã também pode ser representado por linhas de campo.

Figura 9 - Ilustração das linhas de campo de um ímã. Em (a) e (c) os ímãs que possuem o formato de U e em (b) o formato de C.



Fonte: (a) e (b) Halliday e Resnick, 2016.

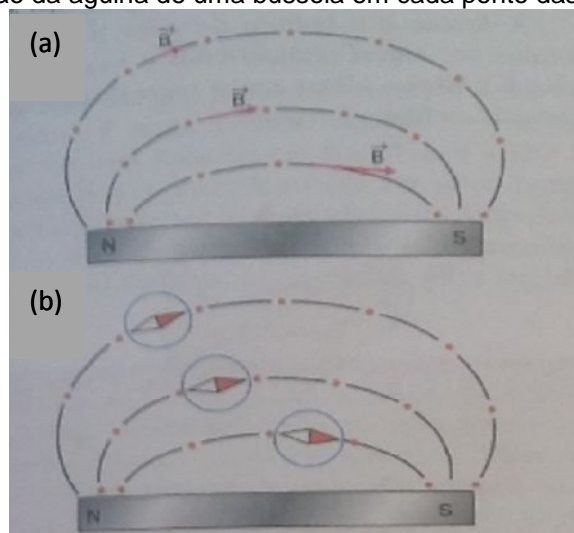
(c) <https://slideplayer.com.br/slide/1865170/7/images/14/Linhas+de+Indu%C3%A7%C3%A3o+%E2%80%93+Campo+Magn%C3%A9tico+Uniforme.jpg>.

Vejamos agora sobre o vetor indução magnética. Conforme citado por Sears e Zemansky, 2009:

Linhas de campo magnéticos não tem extremos, diferentemente do caso de uma linha de campo elétrico, que sempre começam e terminam em cargas elétricas, as linhas de campo magnético nunca possuem pontos extremos; tais pontos indicariam a existência de um monopólo. As linhas de campo de um ímã, na verdade continuam pelo interior do ímã, como todas as demais linhas do campo magnético eles formam um circuito fechado. (SEARS e ZEMANSKY, 2009, pg. 210)

A Figura 10 (b) indica que a agulha de uma bússola posicionada nos mesmos pontos do vetor \vec{B} tem a mesma direção, indicada na Figura 10 (a). As linhas de campo circulam de forma contínua passando pelos dois polos. Essas linhas são chamadas de linhas de indução magnéticas.

Figura 10- Ilustrações: (a) do sentido das linhas de indução do campo magnético \vec{B} em um ímã em formato de barra e (b) a posição da agulha de uma bússola em cada ponto das linhas de campo.



Fonte: Alberto Gaspar, 2008.

A lei de Gauss para o campo magnético afirma que as linhas de indução magnética que entram em uma superfície de área A é exatamente igual as linhas que saem dessa mesma área. Este resultado reforça nossa afirmação já feita de que não existem cargas magnéticas. Esta Lei é representada matematicamente pela Equação (15):

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0 . \quad (15)$$

Em 1600, Willian Gilbert descobriu que a Terra é um grande imã, cujos polos magnéticos estão próximos dos polos geográficos. Por convenção, temos que o polo norte da agulha de uma bússola aponta para o polo sul geográfico, e o polo sul da agulha aponta para o polo norte geográfico, fornecendo assim, uma maneira do homem se localizar na superfície do planeta Terra. Como representada na Figura (11).

Figura 11 - Desenho esquemático indicando os polos geográficos e magnéticos da Terra.



Fonte: <<https://static.mundoeducacao.bol.uol.com.br/mundoeducacao/conteudo/polos-canpo-magnetico-terrestre.jpg>>.

O campo magnético da Terra também fornece uma proteção com relação às partículas carregadas emitidas pelo Sol, como mostra a força de Lorentz.

A força de Lorentz surge em uma partícula carregada quando está sob a ação de um campo elétrico e magnético e é representada matematicamente pela equação:

$$\vec{F} = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B}). \quad (16)$$

Sendo:

\vec{F} a força aplicada em Newton (N);

Q a carga em Coulumb (C);

\vec{E} o vetor campo elétrico em N/C ;

\vec{v} o vetor velocidade em m/s da partícula carregada;

\vec{B} o vetor indução magnética em Tesla (T).

O produto vetorial entre \vec{v} e \vec{B} é igual $\hat{n}|\vec{v}||\vec{B}|\sin\theta$, sendo \hat{n} um versor unitário na direção da força e θ o ângulo formado pelos vetores \vec{v} e \vec{B} .

Em todas estas situações o campo magnético é descrito pelas linhas de campo que são estáticas, mesmo que haja movimento da carga elétrica.

Segundo Sears e Zemansky 2009:

As linhas do campo magnético não são “linhas de força”. A força que atua sobre uma partícula carregada não está orientada ao longo do sentido de uma linha de campo, o sentido da força magnética depende da velocidade \vec{v} . (SEARS e ZEMANSKY, 2009, pg. 209)

Porém, quando o campo elétrico apresenta um movimento repetitivo ou cíclico, o campo magnético resultante também será cíclico. Para descrever este novo fenômeno, é conveniente estabelecermos uma grandeza denominada fluxo de campo magnético Φ_B .

Essas grandezas, símbolos e Unidades no SI estão resumidas no Quadro 01.

Quadro 01 – Representação das Grandezas magnéticas, seu símbolo e unidades no Sistema Internacional. **Fonte:** a autora.

Grandezas Magnéticas	Símbolo	Unidades (SI)
Fluxo da Indução Magnética	Φ_B	<i>Wb (Weber)</i>
Indução Magnética	\vec{B}	<i>T (Tesla) = N A/m</i>
Campo Magnético	\vec{H}	$\frac{A}{m}$ (Ampère por metro)

Não seria possível compreender a natureza da luz sem compreender o comportamento do campo elétrico e campo magnético. E a cor dos objetos por sua vez, é uma extensão da compreensão da interação da luz com a matéria, como apresentado na próxima seção.

1.3 A História da Descoberta da Luz

Observa-se que a carga elétrica tem um campo elétrico associado e quando este campo sofre variação temporal, um campo magnético é verificado como efeito relativístico do movimento da carga elétrica. Por questões de simetria, a variação do campo elétrico é acompanhada pela mesma variação temporal do fluxo do campo magnético. Esta perturbação viaja pelo espaço na forma de ondas eletromagnéticas com velocidade igual à velocidade da luz.

A luz é uma onda eletromagnética!

A construção desta interpretação foi um desafio para os físicos ao longo do tempo. Vamos apresentar os principais marcos desta incrível descoberta que revolucionou a história da humanidade.

1.3.1 Ondas Eletromagnéticas

Euclides (325 a.C. a 265 a. C.), no seu tratado sobre Óptica, descrevia a luz como raios que partiam dos olhos para os objetos. No entanto, foi também o primeiro a notar que a luz viajava em linha reta e descreveu a lei da reflexão.

Heron de Alexandria (10 a.C – 75 a.C) mostrou, por meio da geometria, que um raio de luz segue o caminho mais curto quando refletido por um espelho plano.

Ptolomeu (90 a.C – 168 a.C) estudou a refração e sugeriu que o ângulo de refração era proporcional ao ângulo de incidência.

Depois de Cristo, Ibn al-Haitham (963–1039), conhecido na Europa como Alhazen, contrapôs a lei da refração de Ptolomeu, explicando que apenas se verificava para pequenos ângulos, e foi o primeiro a dar uma explicação mais precisa do funcionamento do olho humano.

No final do século XVII, a óptica geométrica e a fabricação de lentes já apresentavam um entendimento mais claro, porém a natureza da luz continuava um mistério. Foi então que Isaac Newton (1642–1727) descreveu a dispersão da luz observada quando a luz branca atravessa um prisma (1666) e concluiu que a luz solar era constituída por partículas de diferentes cores. A Figura 12 representa a experiência descrita por Newton.

Figura 12 - Ilustração da experiência de Newton com prisma sobre a decomposição da luz branca.



Fonte: <<https://i.pinimg.com/originals/0b/03/fe/0b03fe8e5a34f9b2f6c21016b75e7431.jpg>>.

Nesta mesma época, Christian Huygens (1629–1695) defendia a teoria ondulatória para a luz. De acordo com ele, em cada ponto do espaço, a luz estimula ondas elementares. Essas estimulações funcionavam como fontes secundárias e, assim a luz ia se propagando.

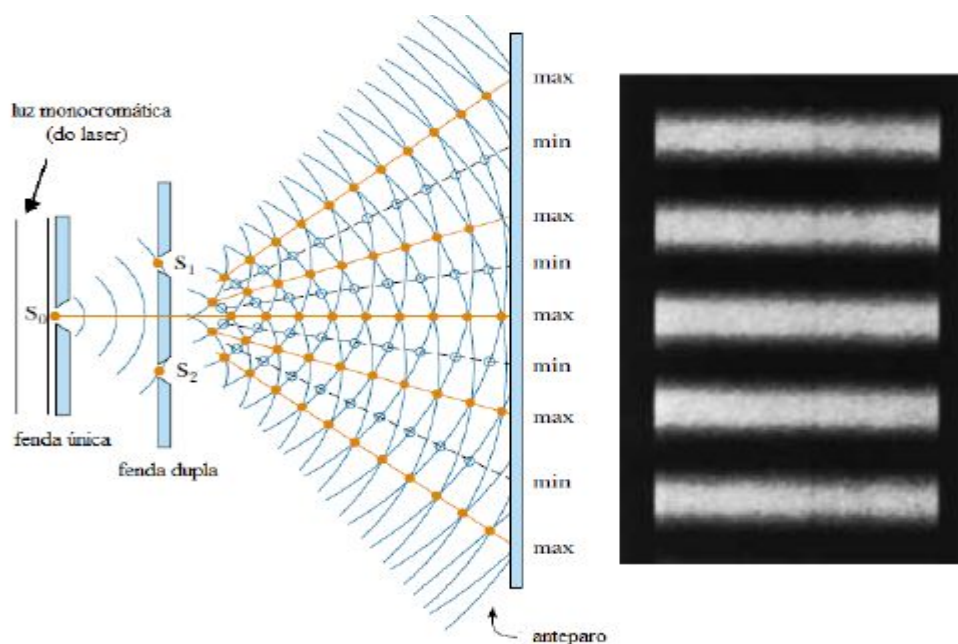
Nesta época, a única onda que eles conheciam era a onda mecânica, como o som, que precisa de um meio para se propagar. Assim, acreditava-se que a luz se propagava num meio material, denominado éter. Porém, todas as tentativas de encontrar esse éter foram frustradas.

A ideia de luz, constituída por partículas, se contrapunha com as ideias da teoria ondulatória. Do ponto de vista da física clássica, ondas e partículas apresentam comportamentos completamente diferentes.

Em 1802, Thomas Young (1773–1829) explicou a luz como onda devido ao fenômeno da difração e interferência. Ele foi também o primeiro a introduzir a ideia da luz como onda transversal (1817), que é diferente da onda sonora, que era longitudinal.

Na Figura 13 apresenta-se um diagrama esquemático para a difração e interferência, semelhante ao observado por Young. Uma luz monocromática (atualmente se usa uma fonte *laser*) incidindo sobre uma fenda simples, S_0 , e ao passar por esta sofre uma difração, e se propaga em formato de uma frente de onda, que incide sobre duas fendas, S_1 e S_2 , sofrendo nova difração e ocorre interferência (superposição das duas ondas) formando pontos de máximos e mínimos, que quando projetadas em um anteparo formam faixas escuras e claras.

Figura 13 - Desenho esquemático do experimento de difração e interferência na forma atual (usando uma fonte *laser*) semelhante ao experimento da fenda dupla de Thomas Young.



Fonte: <<http://disciplinas.stoa.usp.br/course/view.php?id=24279>>.

Assim, quando uma luz encontra uma abertura de dimensões comparáveis ao comprimento de onda ela se espalha, a esse fenômeno é chamado de difração. A interferência só é possível se houver duas ou mais aberturas, onde ocorrerá uma superposição de ondas de forma construtivas e/ou destrutivas.

Augustin Jean Fresnel (1788–1827) também apostou que a luz se comporta como ondas. Ele explicou a propagação retilínea da luz em meios homogêneos e isotrópicos, calculou padrões de difração e deduziu equações.

Joseph Von Fraunhofer (1787–1826), em 1814, desenvolveu a espectroscopia por meio de um prisma de vidro e um equipamento de lentes. O espectro da luz do Sol, constituído por um grupo de linhas escuras e claras, ficou conhecido por linhas de Fraunhofer.

A explicação das linhas de Fraunhofer surgiu quando Gustav R. Kirchhoff (1824-1887) mostrou que quando um gás é colocado sobre a chama de um bico de Bunsen, emite uma luz. E quando esta luz atravessa uma fenda e um prisma mostrava um padrão de linhas coloridas. Cada cor corresponde a um salto do elétron entre as camadas eletrônicas de um elemento. Fato esse citado nesta referência de 1862:

Sabe-se que muitas substâncias introduzidas em uma chama têm a propriedade de produzir em seus espectros linhas brilhantes particulares: na existência dessas linhas pode-se fundar um método de análise qualitativa que amplia consideravelmente o domínio das investigações químicas e que permite resolver problemas até agora insuperáveis. Limitaremos-nos, nesta Memória, a aplicar este método a investigação dos metais alcalinos e alcalinos terrosos, fazendo ressaltar seu valor com uma série de exemplo (Análise Química Fundada nas Observações do Espectro, 1862, p. 2)

Enquanto isso, numa pesquisa totalmente independente do tema luz e cor, em 1820, Hans Christian Oersted (1777 – 1851) observou que a agulha de uma bússola, quando aproximada de um fio por onde percorre uma corrente elétrica, sofria deflexão. Ele observou que, quando o fio condutor e a agulha da bússola, em sua posição inicial, ficavam perpendiculares entre si, o movimento da agulha era imperceptível. Mas quando o fio ficava paralelo à agulha, o movimento era notável. De acordo Cherman 2004:

Ampère usou as ideias que uniam magnetismo e eletricidade para tentar explicar a existência das substâncias magnéticas. Sugeriu que as propriedades magnéticas de certos corpos eram explicadas pela existência de diminutas **correntes circulares** em seu interior. Para Ampère, num corpo qualquer, essas correntes se distribuíam aleatoriamente, cancelando-se umas às outras. Mas em corpos magnéticos elas estariam alinhadas numa mesma direção, somando-se e tornando-se perceptíveis. (CHERMAN, 2004, p. 79)

Matematicamente, temos que o campo de indução magnético \vec{B} , num ponto fixo a uma distância r do fio por onde se desloca uma carga q , é dado por:

$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} q \frac{\vec{v} \times \hat{r}}{r^2} . \quad (17)$$

A Equação (17) mostra como calcular o campo magnético criado em um ponto localizado por r e produzido por um elemento $d\vec{l}$ do condutor. Essa equação se refere à Lei de Biot e Savart.

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} I \frac{d\vec{l} \times \hat{r}}{r^2} . \quad (18)$$

Podemos utilizar a Lei de Biot e Savart para determinar o campo magnético em qualquer ponto por onde flui uma corrente, para isso, basta realizar a integração sobre todo o condutor, simbolicamente temos:

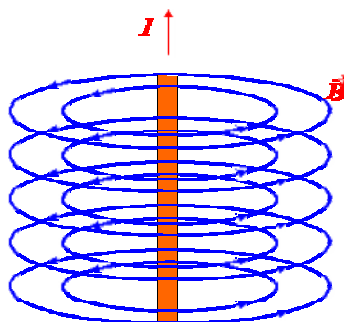
$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \int I \frac{d\vec{l} \times \hat{r}}{r^2} . \quad (19)$$

Devido ao princípio da superposição, o campo total é a soma do campo de cada elemento de corrente. Isto também significa que o valor do campo magnético produzido por um fio não interfere o campo magnético produzido por outro fio. Em casos de simetria na distribuição da corrente elétrica, o campo pode ser obtido utilizando a lei de Ampère:

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I . \quad (20)$$

A expressão (20) é a lei de Ampère que representa a indução magnética \vec{B} produzido por um fio por onde passa uma corrente elétrica I . De acordo com esta expressão, o campo magnético é representado por uma linha fechada, circular ao redor do fio. Como ilustrado na Figura 14.

Figura 14 - Representação das linhas de campo magnético ao longo de fio.

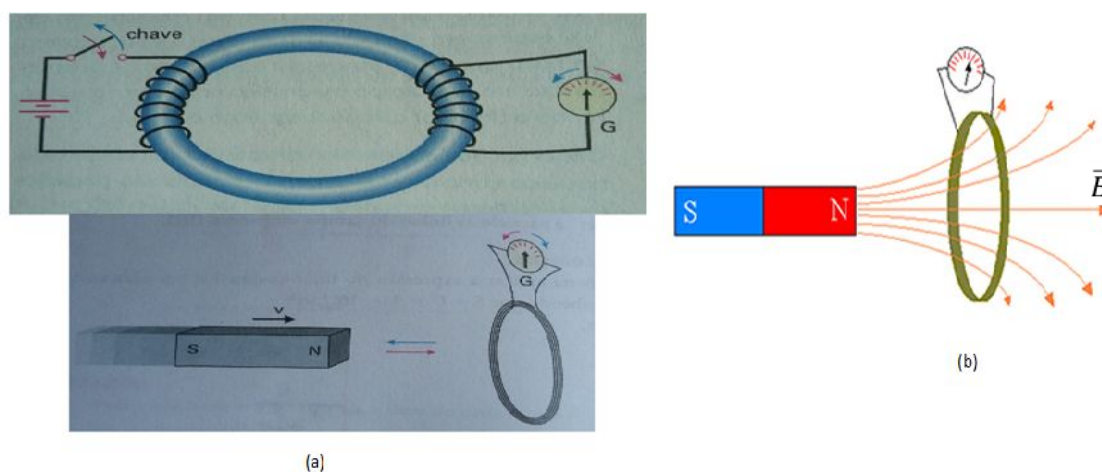


Fonte: Fontana, 2012. <|si.fotonica.ufpe.br/fontana/Eletromagnetismo1/EletromagnetismoWebPart01/mag1cap5.htm>.

Se o movimento da carga elétrica produz um campo magnético, seria de se esperar, por simetria, que a variação de um campo magnético, produza um campo elétrico. De fato, a natureza tem se mostrado simétrica para a grande maioria dos fenômenos. A exceção fica a cargo da ausência da carga magnética.

Em 1831, Michael Faraday (1791–1867), notou que ao aproximar um ímã de uma bobina (fios enrolados) o ponteiro de galvanômetro se defletia. A Figura 15 ilustra um esquema dessa descoberta. Em (a) no desenho superior, o circuito, sendo G o galvanômetro, e no desenho inferior indicando o movimento de vai e vem, inserindo e retirando o ímã de dentro da espira, e em (b) a formação das linhas de campo magnético induzido provocado por esse movimento.

Figura 15 - Ilustração da montagem experimental da Experiência de Faraday. Em (a) uma espira ligada a uma fonte com uma chave e a um Galvanômetro G (desenho superior), movimento de vai e vem de um ímã dentro da espira (desenho inferior) e a ilustração de um campo magnético (\vec{B}) induzido em (b).



Fonte: (a) Gaspar, 2008. (b) <<https://userscontent2.emaze.com/images/f452c707-1863-46dc-8854-6d992af4362d/8592af9c-c2c8-450e-bd2f-1f9f44c73d9b.jpg>>.

Michel Faraday sintetizou suas observações:

- Um circuito ligado (lâmpada e fonte de tensão) se movendo com relação a outro circuito (sem fonte de tensão), produz neste último uma corrente induzida;
- O circuito ligado (lâmpada e fonte de tensão) em repouso e um segundo circuito (sem fonte de tensão) se movendo com relação ao primeiro, será observado uma corrente induzida no circuito que se move;
- Mantendo os 2 circuitos em repouso, mas ligando e desligando a chave da fonte de tensão do primeiro circuito, aparecerá uma corrente induzida no segundo circuito com a mesma frequência com que se liga e desliga o primeiro.

Faraday teve a perspicácia de compreender que a grandeza que variou em todos os casos, foi o fluxo do campo magnético Φ_B . Isto quer dizer que uma variação temporal do campo magnético produz uma tensão induzida que promove uma corrente elétrica cujo campo magnético associado se opõe ao campo que a criou. Estamos falando da corrente induzida.

A equação que representa essa situação é:

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = - \frac{d\Phi_B}{dt} . \quad (21)$$

Uma aposta na simetria levou James K. Maxwell (1831 – 1879) perceber que as leis da eletrostática, até então descritas, não eram consistentes para campos oscilantes no tempo. Assim, Maxwell acrescentou um termo na Lei de Ampère que considera que a variação temporal do campo elétrico também gera um campo magnético.

Denominamos de equações de Maxwell um conjunto de 4 equações que também passou a ser um ramo da óptica. São elas:

- Lei de Gauss para campos elétricos:

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q_{int.}}{\epsilon_0} \quad (22)$$

- Lei de Gauss para campos magnéticos:

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0 \quad (23)$$

- Lei de Faraday –Lenz:

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = - \frac{d\Phi_B}{dt} \quad (24)$$

- Lei de Ampère – Maxwell:

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \left(i_c + \frac{\epsilon_0 d\Phi_E}{dt} \right) . \quad (25)$$

Com este trabalho, Maxwell previu a existência de ondas eletromagnéticas que podem viajar no espaço vazio, ou seja, ele aplicou essas equações considerando a inexistência de carga elétrica. Assim as Equações (22) e (23) ficam iguais e Equações (24) e (25) também ficam iguais, exceto pelo sinal de negativo e pelas constantes. Maxwell ainda realizou vários cálculos, concluindo que a velocidade da propagação de uma onda eletromagnética é dada por:

$$c = \sqrt{\frac{1}{\epsilon_0 \mu_0}} . \quad (26)$$

Em que, ϵ_0 é a permissividade elétrica do vácuo e μ_0 é a permeabilidade magnética do vácuo. Essas equações são válidas para campos elétricos e magnéticos no vácuo, quando certo material está presente ϵ_0 e μ_0 devem ser substituídos pelos respectivos valores de referência.

Aplicando os valores de ϵ_0 e de μ_0 na expressão acima (Eq. (26)), encontramos aproximadamente $3,0 \times 10^8 \text{ m/s}$ ou $2,99792458 \times 10^8 \text{ m/s}$, como seu valor exato. Este valor é igual à velocidade da luz! Bingo! A própria luz é uma onda eletromagnética.

De acordo com Torres (2013):

Desde o início do século XIX, em virtude dos fenômenos da interferência, da dispersão e da polarização, já se sabia que a luz era uma manifestação ondulatória que, de algum modo, estava ligada à eletricidade e magnetismo. Além de demonstrar formal e definitivamente que a luz, eletricidade e magnetismo estão intimamente relacionados, o trabalho de Maxwell também anunciou a possibilidade de campo elétricos e magnéticos oscilantes se propagarem pelo espaço com velocidade igual à da luz. Nascia, assim, a ideia das ondas eletromagnéticas. (TORRES et. al. 2013, p. 125),

Por meio dessas equações é possível mostrar que os raios X, as micro-ondas, a luz visível, as ondas de rádio, os raios gama e etc., são todas ondas eletromagnéticas. A diferença no comportamento é devida suas diferentes frequências e, conseqüentemente diferentes comprimentos de onda.

É relevante salientar que, no ensino médio, os professores de Física não apresentam as Equações de Maxwell devido sua complexidade matemática. Tanto na forma integral, quanto na forma diferencial, o manuseio destas equações, não faz

parte dos conteúdos. Embora, nossa premissa aqui adotada é que mesmo sem o manuseio matemático, os alunos podem compreender os conceitos fenomenológicos relacionados.

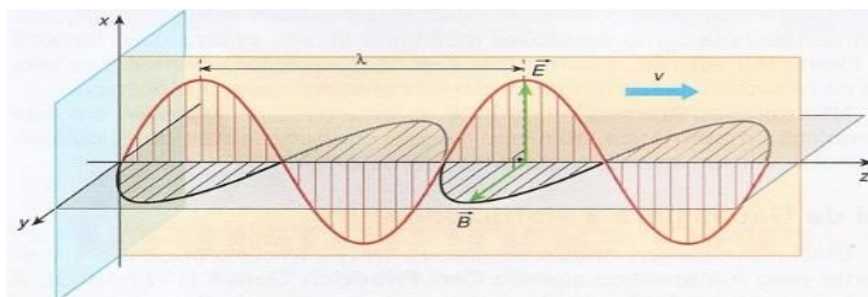
Podemos resumir as características das ondas eletromagnéticas:

- A origem das ondas eletromagnéticas é a existência de cargas elétricas em movimento acelerado (lembrando que o movimento circular é um movimento com aceleração centrípeta);
- As ondas eletromagnéticas são oscilações do campo elétrico e magnético, perpendiculares entre si e com a direção de propagação que viajam o espaço vazio (vácuo) com velocidade c ;
- A razão entre os módulos dos campos \vec{E} e \vec{B} é constante, dado por: $\vec{E} = c \vec{B}$. Isto significa que esses campos sempre oscilam em fase: quando $\vec{E} = \vec{0}$, então $\vec{B} = \vec{0}$; quando \vec{E} mostra valor máximo, o mesmo acontece com \vec{B} ;
- Ondas eletromagnéticas obedecem ao princípio de superposição.

Por questão de simplicidade, o perfil de uma onda eletromagnética plano-polarizada está representado na Figura 16. Ou seja, para a onda eletromagnética da Figura 16, existe apenas uma direção para a oscilação do campo elétrico, e consequentemente do campo magnético.

É digno de nota que, as ondas eletromagnéticas resultantes do movimento acelerado da carga elétrica não apresentam o fenômeno da polarização. O campo elétrico pode oscilar em todas as direções, mantendo-se perpendicular com o campo magnético e com a direção de propagação.

Figura 16 - Diagrama esquemático de uma onda eletromagnética plana polarizada.



Fonte: <https://www.coladaweb.com/wp-content/uploads/ondas-eletromagnéticas.jpg>.

1.3.2 Caracterização da Onda Eletromagnética

As ondas eletromagnéticas se apresentam numa diversidade de comportamentos em função de sua energia que está relacionada ao seu comprimento de onda e frequência por meio de uma relação direta:

$$E = h f . \quad (27)$$

Sendo: E é a energia da onda eletromagnética dada em Joule (J);

h a constante de Planck dada por $6,62607004 \times 10^{-34} \text{ m}^2 \text{ kg /s}$;

f a frequência dada em Hertz (Hz).

Definimos de espectro eletromagnético a extensão de valores da energia eletromagnética entre máximos e mínimos. Cada intervalo recebe um nome e define seu comportamento quando interage com a matéria. (OKUNO; VILELA, 2005).

Segundo Hewitt (2009):

É uma faixa contínua de ondas que compreende desde ondas de rádio até os raios gama. Os nomes descritivos de suas várias partes constituem simplesmente uma classificação histórica, pois todas as ondas são de mesma natureza básica, diferindo principalmente em frequência e comprimento de onda; todas as ondas eletromagnéticas têm o mesmo valor de velocidade. (HEWITT, 2009, p. 290)

Antes de apresentarmos o espectro eletromagnético, vamos apresentar as grandezas que definem as características das ondas eletromagnéticas:

Comprimento de onda λ - é a distância entre dois pontos consecutivos, nos quais o vetor (\vec{B}) tem mesmo módulo e mesmo sentido (Figura 18).

Período T - é o intervalo de tempo necessário para a onda ir de uma crista a outra, de um vale a outro e do início ao fim de um ciclo que corresponde a um comprimento de onda. Como a velocidade de propagação é c , vale: $c = \lambda/T$. (Figura 17).

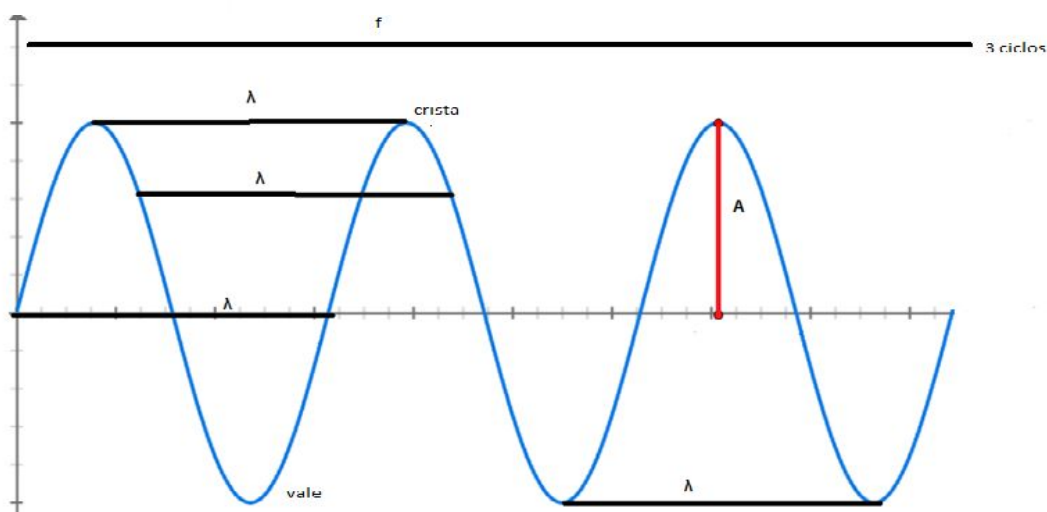
Frequência f - é o inverso do período. Representa o número de vezes que uma onda oscila para uma unidade de tempo: $f = 1/T$. Levando em conta a defini-

ção do período, a relação entre f e λ é: $c = f \lambda$, análoga ao caso das ondas mecânicas. (Figura 17).

Amplitude A - representa a altura do vetor campo elétrico \vec{E} que é o mesmo do campo magnético \vec{B} . Quanto maior a amplitude maior a intensidade da radiação eletromagnética.

Direção e o sentido de propagação - são determinados pelo produto vetorial $\vec{E} \times \vec{B}$, isto é, pela regra da mão direita, iniciando do vetor \vec{E} e terminando no vetor \vec{B} .

Figura 17 - Ilustração dos elementos de uma onda, para a definição do comprimento de onda λ , amplitude A e frequência f , para 3 ciclos. A parte inferior é um vale e a superior a crista da onda.



Fonte: a autora.

Polarização de uma onda eletromagnética - descreve o comportamento da direção e amplitude variando no tempo do campo elétrico, podendo ser plana (linear), circular ou elíptica. No entanto, o desenho que ilustra o campo elétrico é uma elipse, a polarização linear e circular são casos específicos da polarização elíptica que podem ser obtidas quando a elipse se torna uma reta ou um círculo.

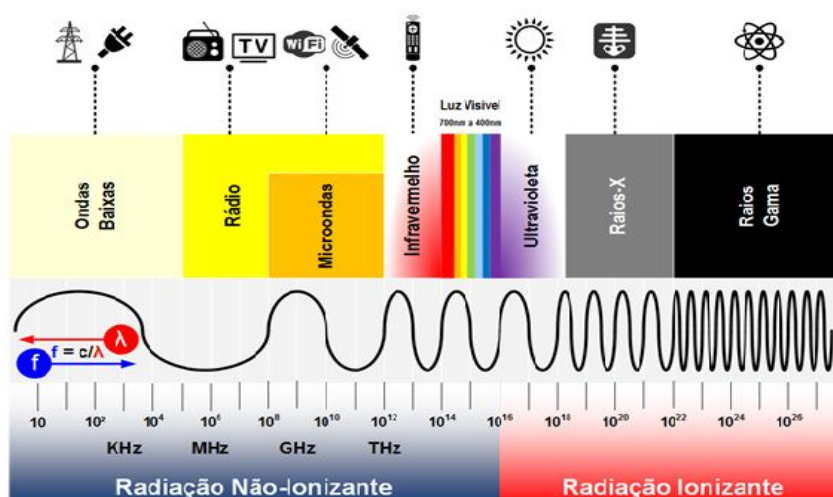
Na polarização linear, a direção de oscilação se mantém fixa, a intensidade e o sentido do campo elétrico mudam com o tempo. A polarização circular o campo elétrico altera como tempo, mas a intensidade permanece constante.

A Figura 19 mostra o espectro da onda eletromagnética. Observe que, cada faixa recebe um nome específico e tem um modo específico para sua produção. Os

raios gama, por exemplo, são ondas eletromagnéticas produzidas durante uma fissão ou fusão nuclear.

Devido sua alta energia, elas são capazes de quebrar ligações químicas de moléculas e promover ionizações. Em relação às radiações ionizantes e não ionizantes, temos que: radiação ionizante é quando a luz interage com a matéria e tem energia necessária para tirar elétrons dos átomos, transformando em íons. Radiação não ionizante é o contrário, ou seja, é quando não se tem energia necessária para produzir íons. (Okuno e Vilela, 2005).

Figura 18 - Ilustração da faixa do espectro da onda eletromagnética.



Fonte: <<https://3.bp.blogspot.com/-sXqLkt5k4KY/VyVAWSSyhDI/AAAAAAAAAFXw/w8iYRVHIGACRgGk3hS8SqzqM1dQbKnYwCLcB/s1600/LabCisco-EEM.png>>.

Para se ter noção de como podem ser percebidas as ondas, suponha que se possa segurar um elétron, a carga mais elementar que se conhece ao vibrar esse elétron 100 mil vezes por segundo (10^5 s) uma onda eletromagnética é emitida por esse elétron que seria uma onda de rádio.

Aumentando a vibração para 10^{13} vezes por segundos, começaria a sentir um calor – emissão de uma onda infravermelha. Agora, a 4×10^{14} vibrações por segundo, o elétron pareceria vermelho, aumentando mais, ele passaria a ser amarelo, verde, azul e, com 10^{15} vezes por segundo, seria violeta. (Pietrocola e Figueiredo, pg.14 e 15).

A própria corrente elétrica alternada, ou induzida, como aquela que temos em nossas residências, produzidas nas usinas, são ondas eletromagnéticas. Dependendo de sua frequência, portanto de sua energia, elas podem interagir com a matéria e levantar diversos fenômenos físicos.

1.4 Cor (mescla aditiva e subtrativa) e a Visão Humana

A cor, como sensação, sempre acompanhou o homem, desde o início da humanidade.

Foi Aristóteles (384-322 a.C.) quem desenvolveu a primeira teoria sobre a cor, tendo postulado que Deus teria enviado as cores dos céus através de raios celestes. Ele identificou quatro cores, correspondentes aos quatro elementos: Terra, Fogo, Água e Vento.

O filósofo grego Epicuro (340-270 a.C.), ao escrever seu raciocínio cor, fez uma relação íntima com a luz, uma vez que quando não há luz, não há cor, afirmou que a cor dos objetos varia com a luz que os ilumina, logo os corpos não têm cor em si mesmos (Pedrosa, 2003).

Pitágoras (570-500 a.C.), já havia criado, em sua época, um diagrama de cores — denominado espaço de cores — de formato semicircular. Nele, as cores se relacionam com as notas da escala musical de tons e meio tons. (Santos, 2000).

O estudo da cor inicia-se no séc. XVII. Antes desta data, era dado como verdade que a luz branca representava o seu estado mais puro e que as cores eram variações da luz branca original. (Mollon, 2003).

A experiência de Isaac Newton (1642-1727) com o prisma mostrou que a luz do Sol é composta por sete cores: vermelho, alaranjado, amarelo, verde, azul, índigo e violeta (Figura 12). Comprovando que a luz branca do sol é composta pela soma de todas elas.

O entendimento sobre os fenômenos da luz e da cor teve um grande avanço após a descoberta de Isaac Newton, de que a luz é um conjunto de todas as cores visíveis. Newton, ao realizar a experiência com o prisma, conforme citado por CRE-ASE, 2006, disse:

“Equipei-me com um prisma triangular de vidro, para tentar [testar] com ele o famoso fenômeno das cores. E, tendo para isto escurecido meu quarto e

feito um pequeno furo na veneziana da janela, para deixar entrar apenas a quantidade conveniente de luz solar, coloquei meu prisma nessa entrada, para que assim fosse refratada para a parede oposta. No início foi um divertimento muito agradável ver as cores vívidas e intensas serem produzidas desse modo” (CREASE, 2006, p. 64).

Hoje, a teoria anuncia que, quando um material interage com a radiação eletromagnética, uma série de processos pode ocorrer como: dispersão, absorção, fluorescência/fosforescência e reação fotoquímica. Em geral, quando se utiliza radiação na faixa do UV - Visível (180 – 850 *nm*), mede-se a absorção da radiação pelas moléculas dos compostos químicos.

Os espectros de UV - Visível, geralmente apresentam bandas de absorção largas que fornecem informações qualitativas para identificação e caracterização de compostos (Pozzer, 2008).

A radiação luminosa que a nossa visão entende como cor é formada por distintos comprimentos de onda que são medidos em nanômetros (*nm*).

É comum utilizarmos submúltiplos para grandezas grandes ou pequenas. Por exemplo, anuncia-se que os celulares utilizam tecnologia 3G. Essa informação nada mais é que a frequência de 3×10^9 Hz para a onda eletromagnética utilizada por este tipo de comunicação. A Tabela 1 apresenta os múltiplos e submúltiplos mais utilizados.

O comprimento de onda do espectro visível está situado entre os 380 *nm* e os 780 *nm*. (Henriques, 1994).

Tabela 1 – Dados de alguns Múltiplos e submúltiplos, respectivos nomes e símbolos. **Fonte:** a autora baseada nos dados de Halliday e Resnick, 2016.

Múltiplo	Nome	Símbolo	Submúltiplo	Nome	Símbolo
10^3	Quilo	K	10^{-3}	mili	Mm
10^6	Mega	M	10^{-6}	micro	μm
10^9	Giga	G	10^{-9}	nanô	Nm
10^{12}	Tera	T	10^{-12}	pico	Pm

A Tabela 2 mostra a relação entre as cores, comprimento de onda e a frequência.

Tabela 2 – Dados do comprimento de onda e frequência para cada cor. **Fonte:** <https://radiacaoblog.files.wordpress.com/2016/02/aisnc.png?w=840>.

<i>Cor</i>	<i>Comprimento de onda</i>	<i>Frequência</i>
Vermelho	~ 625 - 740 nm	~ 480 - 405 THz
Laranja	~ 590 - 625 nm	~ 510 - 480 THz
Amarelo	~ 565 - 590 nm	~ 530 - 510 THz
Verde	~ 500 - 565 nm	~ 600 - 530 THz
Ciano	~ 485 - 500 nm	~ 620 - 600 THz
Azul	~ 440 - 485 nm	~ 680 - 620 THz
Violeta	~ 380 - 440 nm	~ 790 - 680 THz

Thomas Young (1773-1829) levou o crédito ao sugerir que o olho humano teria três diferentes tipos de receptores cromáticos, que correspondiam a cor verde, vermelho e azul. Ou seja, as cores primárias da mescla aditiva.

Esta ideia foi desenvolvida mais tarde por Hermann von Helmholtz e ficou conhecida como a teoria de Young-Helmholtz. Somente em 1965 é que foram efetuadas experiências fisiológicas para medir a absorção dos diferentes tipos de células sensitivas existentes no olho e, essas mesmas experiências levaram a autenticidade do postulado de Young de que na realidade existiam mesmo três diferentes tipos de células receptoras de cor.

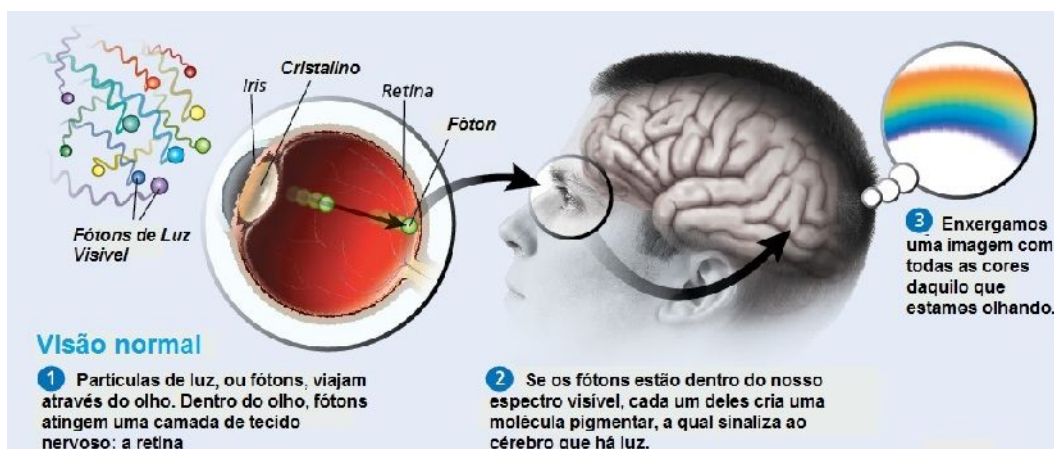
A energia de cada uma dessas cores ativa o seu funcionamento. É interessante salientar que a ausência de um tipo de fotorreceptor ou quando presente em quantidade diferente, produz a percepção de cores diferentes entre os seres humanos. Desta forma, o 'lilás' percebido por uma pessoa é diferente do 'lilás' percebido por outra.

De acordo com as regras da Física Clássica, as ondas eletromagnéticas, quando incidem num meio material, deveriam fornecer energia de forma contínua. No entanto, a explicação para a radiação do corpo negro só fazia sentido se a onda

eletromagnética entregasse energia em forma de pacotes. Planck postulou que a onda é constituída por partículas, denominada fótons com energia $E = hf$.

A Figura 19 mostra o comportamento dos fótons de luz interagindo com o olho humano até como se enxerga uma imagem colorida. Nesse processo, a luz (fótons), depois de entrar nos nossos olhos, concentra-se na parte de trás do globo ocular, na retina, onde receptores luminosos absorvem parte da luz incidente e geram um sinal, que é depois interpretado pelo cérebro.

Figura 19 - Ilustração do processo de captação de imagem pelo cérebro no ser humano.

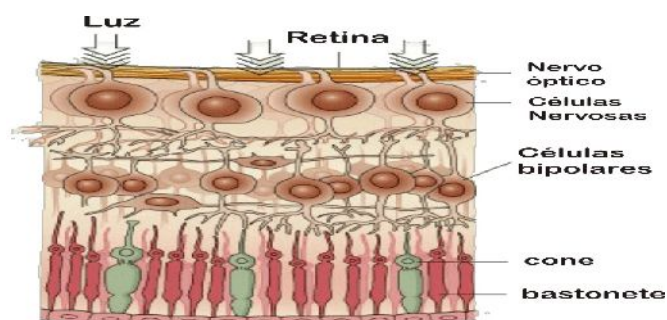


Fonte:

<https://4.bp.blogspot.com/MnveMyXo0Tg/VmbZfY8D8SI/AAAAAAAAAYiA/8hYFiv_lzP0/s1600/infrared-infographic%2B-%2BCopia.jpg>.

A retina é uma camada sensível à luz, que cobre cerca de 65 % da região interna do olho. Ela é composta por células fotossensíveis, os cones e os bastonetes. Existem cerca de 125 milhões, sendo os bastonetes mais numerosos. A localização dos mesmos na estrutura do sistema visual está apresentada na Figura 20.

Figura 20 - Ilustração da estrutura envolvida no sistema visual, e a localização dos cones e bastonetes.



Fonte: <<https://www.sobiologia.com.br/figuras/Fisiologiaanimal/sentido8.jpg>>.

Para cada 18 bastonetes existe 1 cone, eles têm a função de converter a cor e a intensidade luminosa e transmitir para o cérebro através do nervo óptico. É por este processo de separação das componentes da luz que somos capazes de enxergar as cores do espectro visível, sendo estas sensações que o nosso olho recebe e transmite ao cérebro.

Mais especificamente, os cones têm a função de nos oferecer a sensação das cores, diferenciando as ondas eletromagnéticas em relação a sua frequência. Existem três tipos de cones: curtos, médios e longos, eles possuem as cores: vermelho, verde e azul.

Os cones longos são sensíveis à luz de menor frequência e os curtos e médios são sensíveis à luz de maior frequência. Já os bastonetes são muito mais sensíveis do que os cones, para sensibilizá-los bastam poucos fótons. Em virtude dessa sensibilidade, eles são os responsáveis pela visão noturna, ou seja, uma visão de duas cores – branco e preto, como por exemplo, a luz das estrelas, eles diferenciam os níveis de intensidade da luz.

A cor dos objetos depende da luz incidente sobre ele, a luz que ele absorve e reflete. Numa descrição mais detalhada, depende também das quantidades de células fotorreceptoras no olho humano. Porém, desprezando esta especificidade de cada ser humano, a cor emitida pela luz é definida por mescla aditiva.

Neste caso, a soma de todas as cores do arco-íris é branca. Quando a luz branca incide num objeto vermelho, ele reflete apenas a luz vermelha e absorve as demais. Os pigmentos ou corantes fazem parte da mescla subtrativa. A cor que soma todas as cores na mescla subtrativa é o preto (Guimarães, 2004). A mescla aditiva é obtida pela emissão direta de luz, como por exemplo, lanterna, monitores, televisão e lâmpadas.

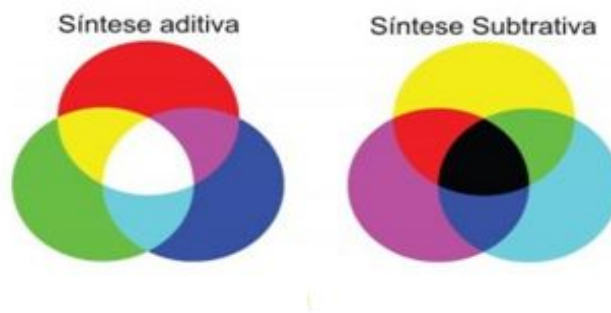
Cada cor representa uma energia. Essas energias estão associadas aos saltos quânticos dos elétrons. Por exemplo, uma luz de bulbo com filamento de tungstênio, emite a cor branca porque os elétrons do átomo de tungstênio, que formam o filamento, saltam em todas as camadas. Os fogos de artifícios exemplificam a ciência que controla as energias envolvidas nos saltos quânticos.

Os pigmentos são compostos químicos capazes de absorver uma ou mais energias, emitidas pela cor luz num processo denominado de ressonância. Como exemplo disto, a onda eletromagnética com 2450 MHz, utilizada nos fornos de micro-

ondas domésticas, são absorvidas pelas moléculas de água e passam a ser mover com maior energia de rotação, emitindo na faixa do infravermelho – calor. Este processo está fora da faixa de visão humana porque o olho humano é capaz de enxergar ondas eletromagnéticas entre 400 THz a 790 THz. Ou seja, o espectro visível é limitado.

A Figura 21 mostra o comportamento das cores primárias para a mescla aditiva e subtrativa. Observe que as cores secundárias da mescla aditiva são as cores primárias da mescla subtrativa.

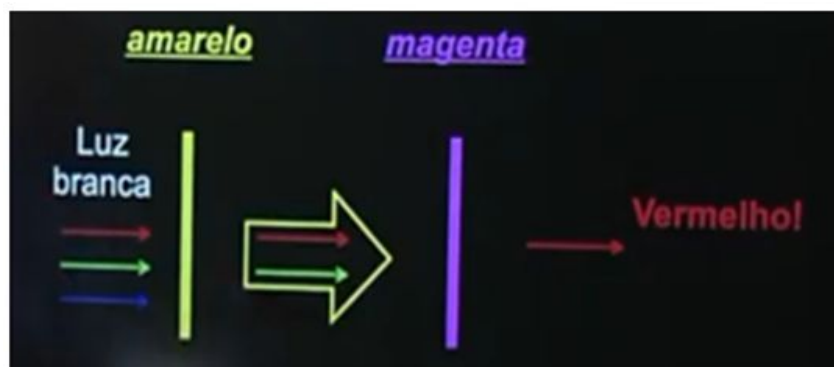
Figura 21 - Representação das cores aditivas e subtrativas.



Fonte: <<http://www.portaldomarketing.net.br/wp-content/uploads/2014/08/Aditiva-subtrativa-300x154.jpg>>.

A mescla subtrativa subtrai as cores até chegar em uma cor primária da mescla aditiva. Como por exemplo, o ilustrado na Figura 22. A luz branca ao incidir sobre a cor amarela, absorve o azul e emite em amarelo, vermelho e verde, que incidida no magenta, emitem só no vermelho.

Figura 22 - Representação da subtração das cores.



Fonte: <<https://www.youtube.com/watch?v=MJTLyxWGw1c>>.

Na indústria a mescla aditiva é conhecida por RGB (*Red, Green and Blue*, traduzindo vermelho, verde e azul, respectivamente) e a mescla subtrativa por CMY ou CMYK (*Cyan, Magente and yellow*, traduzindo ciano, magenta e amarelo, respectivamente) o K seria o preto (black) porque nesse processo o preto é adicionado e não obtido por meio da mistura. As cores também são classificadas por intermédio da sua matiz, brilho e intensidade:

- Matiz: nome da cor (amarelo, laranja, azul, verde, violeta, vermelho, etc.).
- Tom ou Brilho: é a escala do claro ao escuro, as cores mais claras têm mais brilho e refletem mais luz, enquanto que uma cor com pouco brilho é mais escura e absorve mais luz.
- Intensidade ou saturação: refere-se à claridade de uma cor. Define a quantidade de branco que é adicionada ou removida da cor.

A Figura 23 apresenta essa classificação.

Figura 23 - Classificação referente a matiz, brilho e intensidade de uma cor.



Fonte: <<https://desenharideias.com/wp-content/uploads/2019/08/caracteristica-das-cores-1024x768.jpg>>.

Assim, a cor que percebemos de um objeto é o resultado da nossa percepção como resultado da interação onda de luz – matéria. Por exemplo, um objeto vermelho iluminado por uma luz branca, absorverá todas as cores, exceto a vermelha. Por outro lado, se a luz incidente no objeto for amarela, a cor percebida pelos nossos olhos, será preta. Isto porque, o amarelo será absorvido pelo objeto, que não refletirá cor alguma, ou seja, a cor (ou cores) que o objeto não absorveu.

A Figura 24 mostra alguns exemplos deste resultado de interação onda de luz – matéria. Este processo reflete o quanto os corantes são compostos importantes

neste processo de visão. Eles são capazes de absorver alguns comprimentos de onda e refletir outros.

Figura 24 - Ilustração da absorção e reflexão da luz em termos das cores.



Fonte:

<<https://slideplayer.com.br/slide/11998382/68/images/5/Absor%C3%A7%C3%A3o+e+reflex%C3%A3o+da+luz.jpg>.(B)http://3.bp.blogspot.com/HksxOF5HQoA/U5RGOG_liml/Pg/BF8Xz5uw27w/s1600/content_agua_maca-02.jpg>.

Na natureza, temos vários compostos naturais que funcionam como corantes, como: carmim uma fonte de corante vermelho, o urucum fonte de corante amarelo alaranjado e a clorofila fonte do corante verde.

1.5 Teorias da Aprendizagem

As teorias da aprendizagem são um conjunto de tentativas, formuladas pela psicologia, para explicar como se dá o conhecimento humano.

As primeiras teorias embasavam suas ideias na observação do comportamento de animais como ratos, coelhos, macacos, entre outros. Elas não se preocupavam em descrever como a mente atua no processo da aprendizagem.

Então, estas teorias são conhecidas por “behavioristas” ou comportamentalista, ou seja, teorias que estudam o estímulo e a resposta associada. Apesar de estas teorias serem consideradas ultrapassadas e inadequadas para descrever o processo da aprendizagem humana, alguns comportamentos behavioristas são observados na escola e na educação dos filhos. Como por exemplo, a premiação ou o castigo em função de um resultado.

No entanto, o maior desafio da nossa sociedade é promover uma aprendizagem significativa no sentido como dado por David Ausubel. Uma aprendizagem que

promova mudança cognitiva² e o aprendiz possa transpor o conhecimento aprendido para outras áreas, sempre num processo contínuo de adaptação e reelaboração do conhecimento.

Os desafios da nossa sociedade moderna impõem o desenvolvimento cognitivo, de tal forma, que o aprendiz possa resolver problemas utilizando seu arsenal de conhecimento e sendo capaz de aprender sempre mais.

Dentre as teorias de aprendizagem que consideram o desenvolvimento cognitivo, podemos citar: a teoria epistemológica de Jean Piaget, a teoria histórico-cultural de Vigotsky e a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel.

Utilizar uma ou mais destas teorias para desenvolver metodologias didáticas é sempre um desafio para o professor. Ressalta-se aqui que o professor da área de Física, principalmente, possui outros desafios, além do apontado, específicos com sua área de atuação. Como por exemplo, o domínio do conteúdo em suas várias dimensões, históricas, conceituais e de aplicações tecnológicas, a epistemologia das Ciências e as interferências políticas.

Este caldo complexo e eclético determina a atuação do professor. Isso sempre se dá pela experiência deste em sala de aula.

O ensino da Física tem sido realizado por meio da apresentação de conceitos, leis e fórmulas de conteúdos desarticulados entre si transformando a aprendizagem em algo superficial, onde a metodologia é por meio da transmissão diretiva do professor para o aluno, o qual deve decorar os conteúdos expostos.

Na perspectiva de buscar novas metodologias, utilizamos os pilares teóricos da teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel. Conforme será abordado, esta teoria aponta caminhos que são consistentes com a construção dos significados da Física de forma significativa.

1.5.1 Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel

Psicólogo educacional da linha cognitivista/construtivista, nascido em 1918, em Nova York, David Paul Ausubel foi também médico cirurgião e psiquiatra. Atuou

²Cognição pode ser compreendida como a forma de organização mental. Quando um novo conhecimento é adquirido, o aprendiz reorganiza seus conhecimentos prévios para acomodar o novo. Vamos definir neste texto a cognição como um ato de organização mental.

na área da psicologia educacional até 1973, quando decidiu dedicar-se exclusivamente à psiquiatria.

Em 1994, já com 75 anos, aposentou-se e ainda publicou quatro livros. Faleceu em 2008, aos 90 anos. Para Ausubel (1963, p. 58), a aprendizagem significativa é o mecanismo humano, por excelência, para adquirir e armazenar a vasta quantidade de ideias e informações representadas em qualquer campo de conhecimento.

Ausubel distingue a aprendizagem mecânica da aprendizagem significativa. Para ele, quando o estudante utiliza a memorização de fórmulas e conteúdos, e não consegue transferir estes conhecimentos para outras situações, a aprendizagem é classificada como mecânica. A aprendizagem de pares de sílabas sem sentido é um exemplo típico de aprendizagem mecânica (Moreira, 1999 p.153). Moreira (1999) ainda explica que:

A aprendizagem se torna mecânica quando produz uma menor aquisição e atribuição de significado, passando a nova informação a ser armazenada isoladamente ou por meio de associações arbitrárias na estrutura cognitiva do estudante. (MOREIRA 1999, p. 154)

Neste caso, não há interação entre a nova informação e aquela já adquirida na mente do estudante. O conhecimento assim adquirido fica arbitrariamente distribuído na estrutura cognitiva sem ligar-se a conceitos subsunçores específicos, ou seja, eles são relacionados de forma fraca, são apenas memorizados. Contudo há situações em que a aprendizagem mecânica se faz necessária, desde que ela apresente conceitos relevantes para o processo de ensino aprendizagem.

Para Ausubel, os subsunçores significam o conhecimento já estruturado do estudante sobre determinado assunto que pode se ligar ao conhecimento novo, ou seja, eles podem ser modificados ou reorganizados durante o processo de ensino.

O conhecimento prévio (conceito, ideia, proposição, representação) faz parte da estrutura cognitiva do estudante, é o conceito integrador ou subsunçor e funciona como um incentivo para os novos conhecimentos. Para o significado de subsunçor é adequado pensar como “um conhecimento prévio especificamente relevante para uma nova aprendizagem” (Moreira, 2011, p. 28”).

Segundo Novak (2000, p.59), um subsunçor possui na aprendizagem significativa um papel interativo, “facilitando a passagem de informações relevantes, através das barreiras perceptivas, e fornecendo uma base para a ligação entre as infor-

mações recentemente apreendidas e os conhecimentos anteriormente adquiridos” e nesse processo de interação ambos, subsunçor e informações já armazenadas, também se modificam.

Com isso, a informação prévia com a qual a nova informação irá se relacionar é denominada de subsunçor. Assim a aprendizagem significativa acontece quando a nova informação se ancora em um subsunçor.

Um ‘subsunçor’ é, portanto, um conceito, uma idéia, uma proposição, já existente na estrutura cognitiva capaz de servir de ‘ancoradouro’ a uma nova informação de modo que esta adquira, assim, significado para o sujeito (i.e., que ela tenha condições de atribuir significados a essa informação) (MOREIRA, 1999b, p. 11).

Desta forma, as informações que o indivíduo traz do seu cotidiano são relevantes para o professor promover a aprendizagem significativa, porque é o ponto de partida para o professor levar o aluno ao conhecimento desejado.

Essas informações “surtem nos indivíduos desde criança, quando começam a constatar os objetos à sua volta e passam a identificá-los e rotulá-los” (Moreira, 1999a, p.45).

Consideremos o conceito de luz e cor. Qualquer indivíduo já possui um conceito antes de chegar à escola, mas com significados do senso comum, triviais.

Para que de fato ocorra uma aprendizagem significativa é necessária a formação de um novo conhecimento por meio de subsunçores menos elaborados, ou seja, o conhecimento do aluno é fragmentado, mas quando ele obtém uma nova informação ele adquire a capacidade de agrupar o seu conhecimento.

Por exemplo, o conceito de luz e cor está relacionado com carga elétrica, campo elétrico e magnético e para dar significado a esse conceito e compreender que luz e cor são ondas eletromagnéticas e que a cor além do significado físico também tem o significado biológico, o aluno provavelmente usará o subsunçor luz e cor que já tem em sua estrutura cognitiva com significados do seu dia a dia.

Ao adquirir as novas informações sobre luz e cor o aprendizado ficará mais completo, tornando o subsunçor luz e cor mais ricos em conceitos que vão oferecer suporte para novos conhecimentos. A medida em que acontece a introdução de um novo conhecimento, se a aprendizagem for significativa, haverá um diálogo entre o subsunçor e o novo conhecimento.

Neste contexto, a introdução do conteúdo feita de forma diferenciada com dinamismo ajuda na compreensão de pontos que poderiam passar completamente despercebidos. A motivação desperta o interesse em aprender, pois, a disposição em aprender pode influenciar a maneira como a informação é memorizada na estrutura cognitiva.

A motivação realizada pelos docentes está relacionada com elogios, notas, entre outras. Qualquer processo é válido, para ter a atenção do aluno de forma intrínseca ou extrínseca, ou seja, alguns alunos trazem consigo a vontade de aprender o que facilita o aprendizado, já outros necessitam de algo a mais para que aconteça a motivação. Para Guimarães (2001):

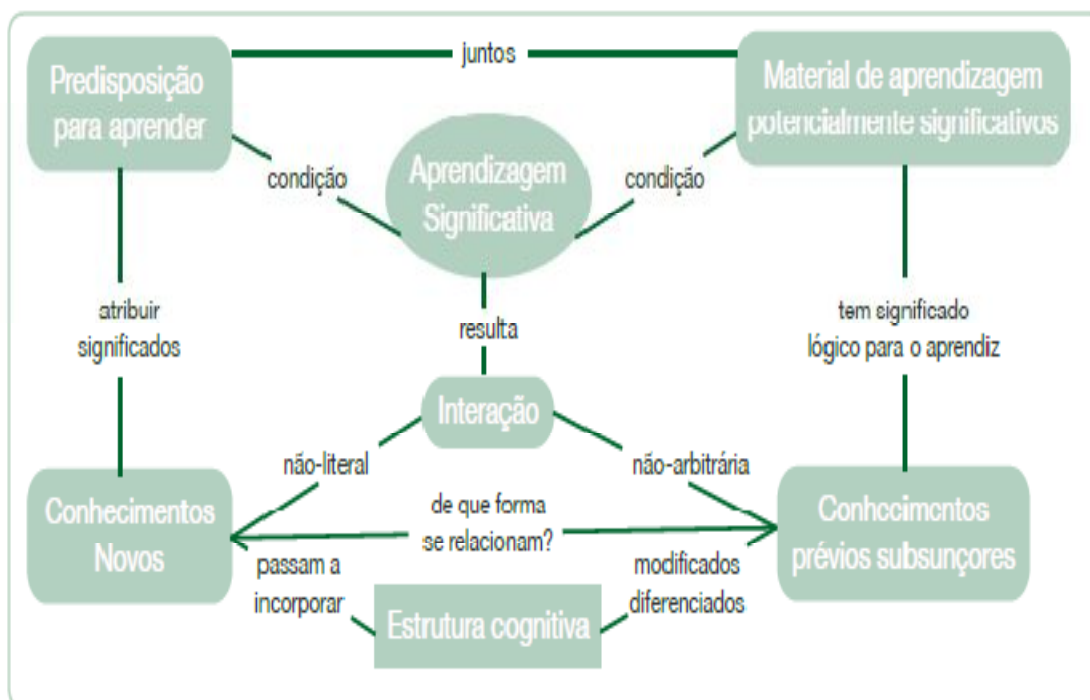
Envolver-se em atividades por razões intrínsecas gera maior satisfação e há indicadores que esta facilita a aprendizagem e o desempenho. Estes resultados devem-se ao fato de que, estando assim, motivado o aluno opta por aquelas atividades que assinalam oportunidade para o aprimoramento de suas habilidades, focaliza a atenção nas instruções apresentadas, busca novas informações, empenha-se em organizar o novo conhecimento de acordo com seus conhecimentos prévios, além de tentar aplicá-lo a outros contextos. A percepção de progresso produz um senso de eficácia em relação ao que está sendo aprendido, gerando expectativas positivas do desempenho e realimentando a motivação para aquela tarefa ou atividade (GUIMARÃES, 2001, p. 38).

De forma semelhante Ausubel (1980) ressalta que a vontade de aprender como um fim em si próprio é o mais importante na Aprendizagem Significativa, a motivação intrínseca é o mais importante tipo de motivação para aprendizagem em sala de aula.

Embora não exclua outros aspectos envolvidos nos processos de aprendizagem, como cognitivista, Ausubel foca sua teoria na cognição e se dedica ao universo da aprendizagem escolar. Ele define aprendizagem significativa como a aprendizagem na qual “o significado do novo conhecimento é adquirido, atribuído, construído por meio da interação com algum conhecimento prévio, especificamente relevante, existente na estrutura cognitiva do aprendiz”. (Masini, 2001, p. 15-16).

A Figura 25 apresenta uma representação de uma síntese da Aprendizagem Significativa de Ausubel, em que uma Aprendizagem Significativa acontece se o estudante tiver uma predisposição para aprender (novos conhecimentos) somados a um material de aprendizagem potencialmente significativo que vai modificar ou aprimorar seus conhecimentos prévios.

Figura 25 - Representação da conexão entre os aspectos básicos da Ap. Significativa de Ausubel.



Fonte: Cavellucci, 2009, disponível em: http://www.virtual.ufc.br/cursouca/modulo_4_projetos/conteudo/unidade_3/MEC_eixo3-texto-MapasConceituais-UmaBreveRevis_o.pdf.

A Aprendizagem Significativa estabelece que a construção de conhecimento ocorra quando o novo conhecimento interage com os pré-conceitos na estrutura cognitiva do estudante, dando significado ao conteúdo (Ausubel; Novak; Hanesian, 1978; 1980), de modo que essa interação deve acontecer de maneira não-literais e não-arbitrária. O termo “não-literais” significa interpretar de uma maneira mais geral, enquanto o termo “não-arbitrária” consiste que a interação do novo conhecimento se relaciona com algum conhecimento especificamente expressivo já efetivado. Esse novo conhecimento tem uma importância de significados e o conhecimento prévio dele fica mais estruturado e mais aprimorado em termos de significados.

Quanto à ancoragem, a interação ocorre e o novo conhecimento passa a ter significado para o aprendiz, seu conhecimento prévio é modificado, tornando-se mais elaborado, mais amplo e mais diferenciado, pela aquisição de novos significados. A esse respeito, Moreira e Masini (2006) argumentam que a aprendizagem significativa ocorre quando:

[...] uma nova informação ancora-se em subsunçoes relevantes pré-existentes na estrutura cognitiva de quem aprende. Ausubel vê o armazenamento de informações na mente humana como sendo altamente organizado, formando uma hierarquia conceitual na quais elementos mais específicos de conhecimento são relacionados (e assimilados) a conceitos e proposições mais gerais, mais inclusivos (MOREIRA e MASINI, 2006, p.17)

Porém, essa interação não deve ser arbitrária, um conhecimento novo não interage com qualquer conhecimento prévio, mas sim com aquele(s) capaz(es) de atribuir-lhe significado naquela estrutura cognitiva específica. Dessa forma, não havendo conhecimento prévio, não há aprendizagem significativa.

Uma das condições para a ocorrência da aprendizagem significativa é a disposição do aprendiz para atribuir significado aos novos conhecimentos, mais do que uma motivação, é sua intenção de aprender.

Esse aspecto individual da aprendizagem faz com que a interação entre conhecimentos, além de não-arbitrária, seja também não-litera ou substantiva, o que quer dizer que o novo conhecimento é individualmente significativo, a partir do repertório do aprendiz.

Ausubel diferencia os significados dos conhecimentos em denotativos, aqueles compartilhados por determinadas comunidades e conotativos, que são pessoais. Assim é possível destacar que quando se aprende e essa aprendizagem é significativa, inicialmente se constituiu contato com os significados instituídos dos novos conhecimentos, que por meio de interações não-arbitrárias e não literais são internos.

A partir da estrutura cognitiva, se apresentam novos significados, sendo então agregados a eles os significados pessoais, modificando a base de conhecimento. Nesse processo, tais interações transformam o significado lógico fornecido por estratégias e recursos didáticos em significado psicológico para o estudante.

A segunda condição para ocorrência de aprendizagem significativa é a utilização de materiais de aprendizagem (atividades, materiais didáticos - livros, vídeos, experiências, materiais concretos, jogos, sites etc.) potencialmente significativos, isto é, que tenham significado lógico para o aprendiz.

Não se deve falar em materiais significativos, porque os significados não estão neles, mas nas pessoas envolvidas no processo. No caso da aprendizagem forma: professores e alunos.

De acordo com Moreira (1999), “o material potencialmente significativo é aquele que é relacionável ou incorporável à estrutura cognitiva do aprendiz, de maneir-

ra não-arbitrária e não-litera". Sendo assim como elaborar um material considerado potencialmente significativo? Para Ausubel (1978) existem dois elementos a se considerar: a origem (natureza) do material e a estrutura cognitiva do aprendiz. A natureza do material deve ser lógica, já a estrutura cognitiva do aprendiz deve ter subsunções suficientes para se relacionar com o material.

No entanto esses elementos não garantem uma aprendizagem significativa, uma vez que o aprendiz não manifeste interesse em aprender, para que de fato ocorra uma aprendizagem o aprendiz deve demonstrar disposição, assim segundo a teoria de Ausubel um material só pode ser considerado significativo quando despertar interesse e se relacionar com a estrutura cognitiva do aprendiz. Segundo Ausubel (1978):

Um estudante pode aprender a lei de Ohm, a qual indica que, num circuito, a corrente é diretamente proporcional à voltagem. Entretanto, essa proposição não será aprendida de maneira significativa a menos que o estudante já tenha adquirido, previamente, os significados dos conceitos de corrente, voltagem e resistência, proporcionalidade direta e inversa. Satisfeitas essas condições, a proposição é potencialmente significativa, pois seu significado lógico é evidente (AUSUBEL, 1978, p. 41).

Para temas mais complexos, Ausubel sugere materiais introdutórios que sejam de fácil compreensão e de menor complexidade, definem-se esses materiais como organizadores prévios. Segundo ele, "a principal função do organizador prévio é servir de ponte entre o que o aprendiz já sabe e o que ele precisa saber para que possa aprender significativamente a tarefa com que se depara" (Ausubel, 1978, p. 171).

Aos organizadores prévios, estes servem de ponte entre os conhecimentos preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz, mas que necessitam de algo mais para se tornarem subsunções. Os novos conhecimentos ou informações podem ser: uma discussão inicial, uma demonstração, uma apresentação de áudio e vídeo, etc., que servirá para estabelecer os principais objetivos do material principal a ser exposto.

Foi possível observar que o conhecimento prévio deve ser um facilitador da aprendizagem significativa, mas ele também pode representar um obstáculo para que ela ocorra. Nesse caso, quando surge o conflito entre o novo conhecimento e os subsunções disponíveis na estrutura cognitiva do aprendiz, a intenção de aprender, a disposição para analisar, ajustar diferenças e as contradições existentes, bem co-

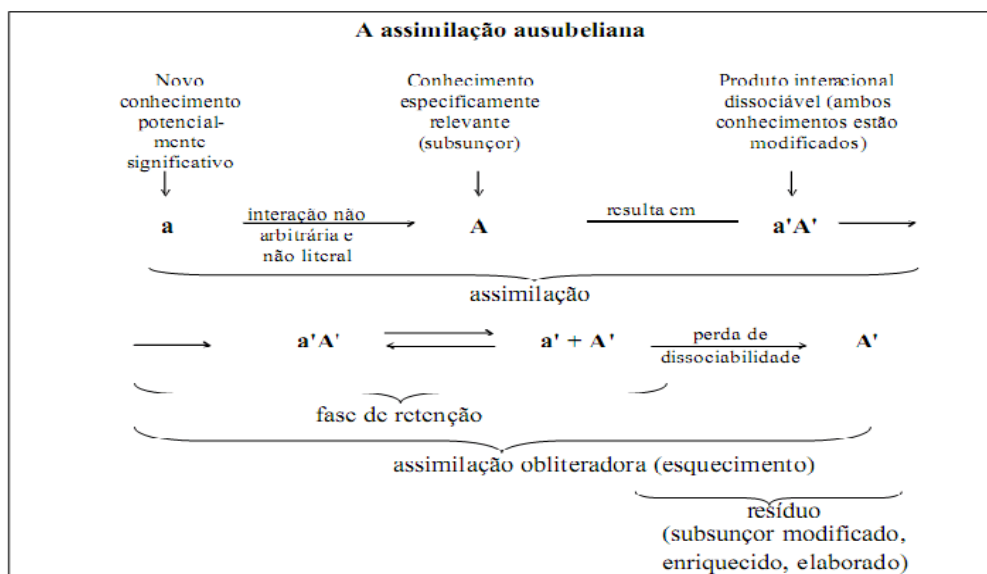
mo para estabelecer novas relações não arbitrárias e não-literais do novo conhecimento com o conhecimento prévio, é que poderá proporcionar o ajustamento necessário para a ancoragem do novo conhecimento.

Segundo Moreira e Mazini (2001), para explicar o processo de aquisição de conceitos e significados, Ausubel descreve o processo de “subsunção” por meio do que chama de “princípio ou teoria de assimilação”, representado simbolicamente na Figura 26. Esse princípio ou teoria seria a interação que ocorre na fase do aprendizado com introdução de um novo material ou conteúdo de aprendizagem.

Para Moreira (2009):

A assimilação é o processo que ocorre quando uma ideia, conceito ou proposição, potencialmente significativo, é assimilado sob uma ideia, conceito ou proposição, i.e., um subsunçor, A, já estabelecido na estrutura cognitiva, como um exemplo, extensão, elaboração ou qualificação do mesmo. Tal como sugerido no esquema, não só a nova informação a, mas também o conceito subsunçor A, com o qual ela se relaciona e interage, são modificados pela interação. Ambos produtos dessa interação, a' e A', permanecem relacionados como coparticipantes de uma nova unidade ou complexo ideacional A'a'. Portanto, o verdadeiro produto do processo interacional que caracteriza a aprendizagem significativa não é apenas o novo significado de a', mas inclui também a modificação da ideia-âncora, sendo, conseqüentemente, o significado composto de A'a' (MOREIRA, 2009, p. 19).

Figura 26 - Representação esquemática dos princípios de assimilação ausubeliana.



Fonte: <https://www.researchgate.net/profile/Augusto_Fachin-Teran/publication/304377343/figure/download/fig2/AS:438823617339394@1481635111570/Figura-2-A-AS-na-visao-classica-de-Ausubel-extraido-de-Morreira-2005.png>.

Durante o processo de assimilação dos conceitos surge uma separação dos conhecimentos prévios com as novas ideias – assimilação obliteradora (esquecimento).

De acordo com Moreira (2009):

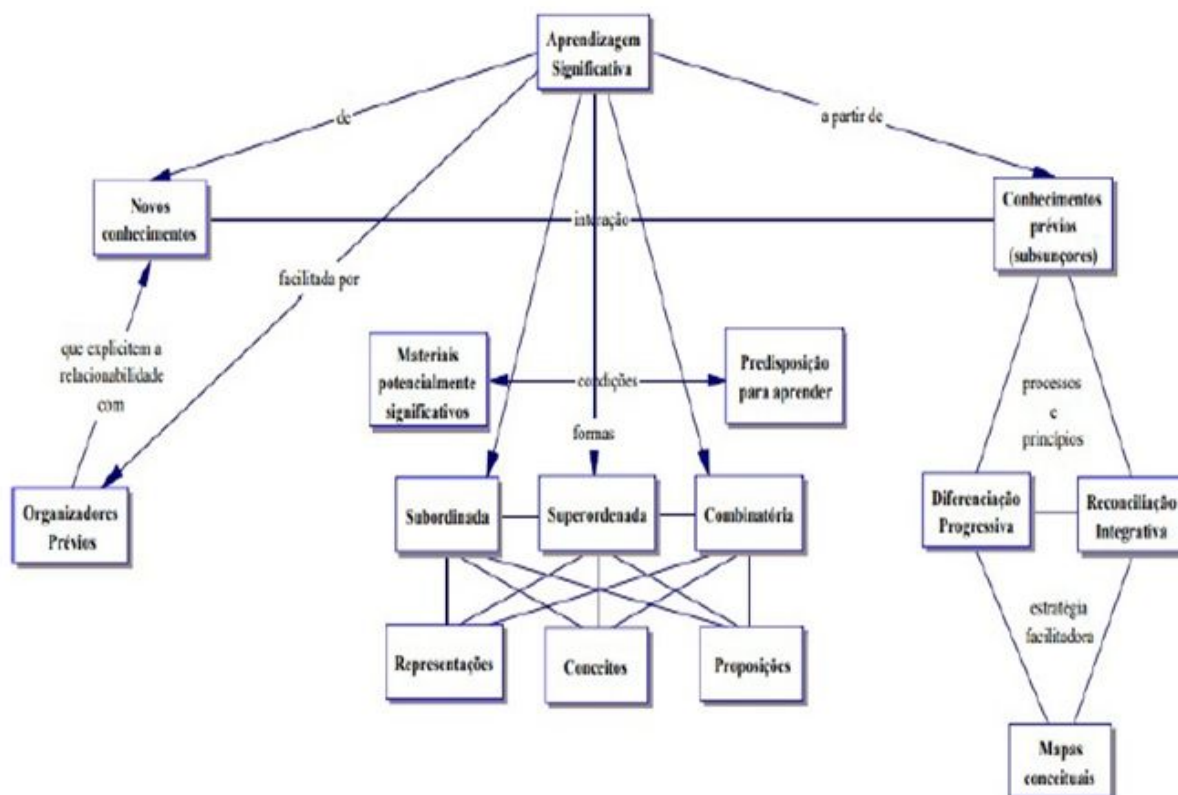
Imediatamente após a aprendizagem significativa, cujo resultado é um produto interacional do tipo A'a', começa um segundo estágio da assimilação: a assimilação obliteradora. As novas informações tornam-se, espontânea e progressivamente, menos dissociáveis de suas ideias âncora (subsunçores) até que não mais estejam disponíveis, i.e., não mais reproduzíveis como entidades individuais. Atinge-se assim um grau de dissociabilidade nulo, e A'a' reduz-se simplesmente a A'. O esquecimento é, portanto, uma continuação temporal do mesmo processo que facilita a aprendizagem e retenção de novas informações. (MOREIRA, 2009, p. 20)

A aprendizagem significativa exige um determinado esforço por parte do aprendiz no sentido de relacionar a nova informação com os conceitos relevantes existentes na sua base cognitiva.

Para que ocorra uma progressão de maneira mais eficiente na aprendizagem significativa, torna-se essencial que professores e estudante conheçam o “ponto de partida conceitual” e o professor esteja determinado a explorar o que os estudantes já sabem, como mencionado por Ausubel (1980, p.137) que afirma: “Se eu tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um único princípio, diria isto: O fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já conhece. Descubra o que ele sabe e baseie nisso os seus ensinamentos”.

A Figura 27 mostra alguns aspectos relevantes sobre a aprendizagem significativa de Ausubel, e para que ela ocorra é necessário que: haja uma interação entre os novos conhecimentos e os conhecimentos prévios, que o aluno demonstre uma predisposição para aprender e a metodologia utilizada deve estar alinhada com esses fatores (interação e predisposição).

Figura 27 - Representação de um Mapa Conceitual da Aprendizagem Significativa de David Ausubel.



Fonte: MOREIRA, 2009b, p. 36.

1.5.2 Mapas Conceituais

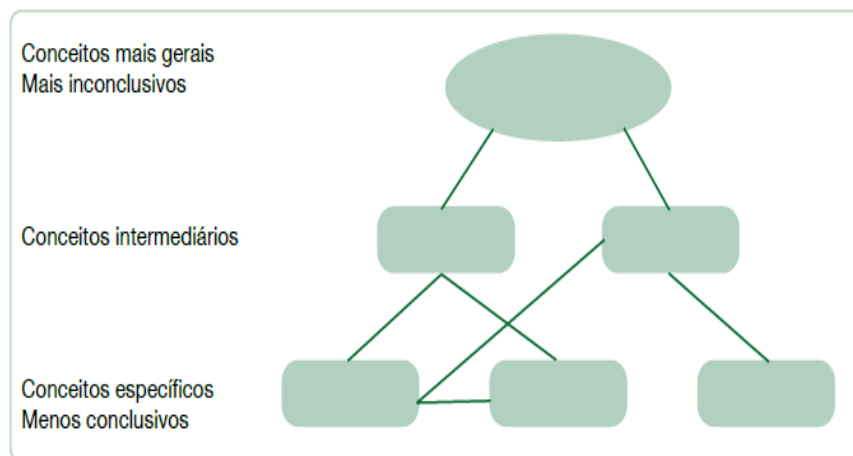
O mapa conceitual foi criado por Joseph D. Novak na década de 1970. Novak, um educador americano, utilizou a teoria de Ausubel para desenvolver esta ferramenta. Trata-se de um diagrama que apresenta conceitos inter-relacionados formando uma estrutura conceitual.

As relações entre os conceitos são representadas por linhas que devem conter palavras-chave, cuja função é explicitar a natureza das mesmas. Cada conjunto formado por dois ou mais conceitos e uma ou mais palavra-chave forma uma proposição que evidencia o significado da relação conceitual representada (Moreira, 1997).

Esse diagrama apresenta uma organização hierárquica, partindo de um conceito mais amplo, mais inclusivo, para conceitos mais específicos, menos inclusivos. Na parte superior do mapa deve (m) estar o (s) conceito (s) mais inclusivo (s), mais

geral (is). Na medida em que caminhamos verticalmente para baixo no mapa, encontramos conceitos mais específicos, como mostra a Figura 28.

Figura 28 - Diagrama da organização hierárquica de um Mapa Conceitual.



Fonte: Novak, 2009.

<http://www.virtual.ufc.br/cursouca/modulo_4_projetos/conteudo/unidade_3/MEC_eixo3-texto-MapasConceituais-UmaBreveRevis_o.pdf>.

Os mapas conceituais representam uma síntese de determinado tema. Não existe uma única forma de representar um conhecimento ou uma estrutura conceitual, porque cada representação depende da estrutura cognitiva do autor da representação, da forma como ele percebe e representa o mundo, dos conceitos e relações escolhidos naquele contexto e do critério usado por ele para organizá-los.

Eles são uma forma de metodologia que pode ser aplicada para ensinar, diagnosticar e analisar conceitos e conteúdo. Segundo Novak e Gowin (1984, p.51), quando um mapa conceitual é conscientemente bem elaborado, revela a organização cognitiva daquele que o elaborou, tornando-se um poderoso instrumento para “observar as alterações de significados”

Muitas vezes os conceitos prévios que se tem dessas outras formas de representação, podem dificultar a compreensão do que seja um mapa conceitual, logo, devemos também ficar atentos a isso. Da mesma forma, mapa conceitual não é uma leitura, uma estilização, ou uma compactação de um texto (Moreira, 2006).

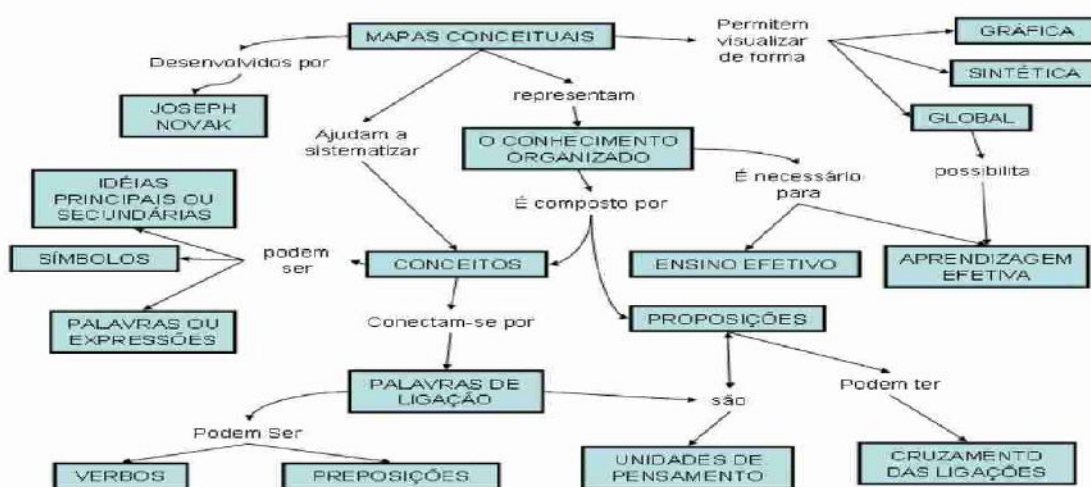
Os mapas conceituais enfatizam conceitos e significação por terem como referencial a teoria de aprendizagem de Ausubel, como já citado no início desse texto.

Novak foi colaborador de Ausubel por muitos anos, é coautor da segunda edição do livro básico sobre sua teoria de aprendizagem.

Segundo Novak e Gowin (1984, p.31), o objetivo dos mapas conceituais é “representar as relações significativas entre conceitos na forma de proposições”, o uso de proposições como termo de ligação para relacionar os conceitos torna os mapas conceituais um importante instrumento que auxilia na compreensão dos conhecimentos próprios que cada aluno possui sobre um tema específico.

O mesmo facilita a observação do aluno, como ele organiza a estrutura, classifica e assimila os conceitos sobre determinado tema. O mapa conceitual apresentado na Figura 29 mostra um resumo das ideias principais que estão relacionadas com a aprendizagem, onde o docente pode analisar e avaliar os conhecimentos prévios e os conhecimentos adquiridos no processo de ensino aprendizagem, tornando se uma ferramenta avaliativa.

Figura 29 - Esquema de como elaborar um mapa conceitual.



Fonte: <https://webeduc.files.wordpress.com/2011/05/mapa_conceitual.jpg>.

Para Moreira (2012, p. 6-7), mapas conceituais servem como recursos para promover a aprendizagem significativa.

A análise do currículo e o ensino sob uma abordagem ausubeliana, em termos de significados, implicam: 1) identificar a estrutura de significados aceita no contexto da matéria de ensino; 2) identificar os subsunçores (significados) necessários para a aprendizagem significativa da matéria de ensino; 3) identificar os significados preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz;

4) organizar sequencialmente o conteúdo e selecionar materiais curriculares, usando as ideias de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa como princípios programáticos; 5) ensinar usando organizadores prévios, para fazer pontes entre os significados que o aluno já tem e os que ele precisaria ter para aprender significativamente a matéria de ensino, bem como para o estabelecimento de relações explícitas entre o novo conhecimento e aquele já existente e adequado para dar significados aos novos materiais de aprendizagem. (MOREIRA, 2012, p. 6-7)

Desta forma, o mapa conceitual é ideal para se observar quais as relações que os alunos fazem com os conteúdos que abordados em sala de aula, ou seja, por meio do mapa conceitual se avalia a possibilidade de o aluno fazer a interdisciplinaridade.

Conforme será abordado na próxima seção, a interdisciplinaridade é interpretada de diversas maneiras. Por isso, a necessidade de apresentá-la aqui.

1.5.3 Interdisciplinaridade

Nossa proposta didática se pautou na preocupação de contextualização dos conteúdos, o que definimos aqui como interdisciplinaridade.

Apesar dessa definição nem sempre ser hegemônica, o fato é que ela é sempre buscada pelos professores.

Para Japiassu (1976) o termo *interdisciplinar* não apresenta ainda uma definição epistemológica exclusiva e consolidada. Trata-se de um conceito moderno, na qual seu significado nem sempre é o mesmo, assim como o seu papel nem sempre é compreendido da mesma forma em que é apresentado.

Na visão de Japiassu (1976, p. 42), a interdisciplinaridade:

Levada a efeito nos domínios mais diversos, quer se trate de pesquisa, de ensino ou de realizações de ordem técnica, não é uma questão evidente, que possa dispensar explicações e análises aprofundadas, mas um tema que merece ser levado em consideração e constituir um dos objetos essenciais da reflexão de todos quantos veem na fragmentação das disciplinas científicas um esfacelamento dos horizontes do saber (JAPIASSU, 1976, p. 42).

Os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM) (Brasil, 2000a, p. 75) defendem a interdisciplinaridade como uma necessidade. Segundo este documento, “a interdisciplinaridade deve ir além da mera justaposição de disciplinas e, ao mesmo tempo, evitar a diluição delas em generalidades”.

De acordo com este mesmo documento, os objetivos propostos são de relacionar as disciplinas em atividades ou projetos de estudo, pesquisa e ação, de modo que a interdisciplinaridade seja uma prática pedagógica e didática que contribua para a Educação Básica.

Assim:

[...] fica mais claro quando se considera o fato trivial de que todo conhecimento mantém um diálogo permanente com outros conhecimentos, que pode ser de questionamento, de confirmação, de complementação, de negação, de ampliação, de iluminação de aspectos não distinguidos. (BRASIL, 2000a, p. 75).

Com relação às DCNEM (Brasil, 2012), estas relatam que uma de suas formas de organização do ensino baseia-se na integração de conhecimentos gerais, a ser realizada em uma perspectiva interdisciplinar e contextualizada. Considerando tal colocação, entende-se que é preciso que a interdisciplinaridade seja trabalhada de modo a unir os conhecimentos produzidos por meio da mediação realizada pelo professor.

Os PCNEM enfatizam que:

Na proposta de reforma curricular do Ensino Médio, a interdisciplinaridade deve ser compreendida a partir de uma abordagem relacional, em que se propõe que, por meio da prática escolar, sejam estabelecidas interconexões e passagens entre os conhecimentos através das relações de complementaridade, convergência e divergência. A integração dos diferentes conhecimentos pode criar as condições necessárias para uma aprendizagem motivadora, na medida em que ofereça maior liberdade aos professores e alunos para a seleção de conteúdos mais diretamente relacionados aos assuntos ou problemas que dizem respeito à vida da comunidade. (BRASIL, 2000a, p. 21-22).

Quanto aos conteúdos da Física, os PCNEM enfatizam que:

Deve apresentar-se, portanto, como um conjunto de competências específicas que permitam perceber e lidar com os fenômenos naturais e tecnológicos, presentes tanto no cotidiano mais imediato quanto na compreensão do universo distante, a partir de princípios, leis e modelos por ela construídos. (BRASIL, 2002, p. 56).

De acordo com a Base nacional Comum Curricular BNCC aprovada em 2018 a contextualização, interdisciplinaridade deverão caminhar juntas uma vez que a área de ciências da natureza e suas tecnologias integram várias disciplinas.

A contextualização social, histórica e cultural da ciência e da tecnologia é fundamental para que elas sejam compreendidas como empreendimentos

humanos e sociais. Na BNCC, portanto, propõe-se também discutir o papel do conhecimento científico e tecnológico na organização social, nas questões ambientais, na saúde humana e na formação cultural, ou seja, analisar as relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente. (Base Nacional Comum Curricular, 2018, p.549)

Apesar das críticas sobre a interpretação da integração dos conteúdos como ação interdisciplinar, a BNCC, recentemente aprovada para o Ensino Médio, reafirmou este conceito.

O que os documentos norteadores da educação têm defendido para o ensino de Física, é que este deve propiciar a formação de cidadãos mais atuantes na sociedade, críticos, capazes de opinar com bases teóricas. Ou seja, o conhecimento adquirido em sala de aula deve ultrapassar seus muros. A transposição do conhecimento é uma premissa.

Se por um lado, existe uma crença entre os professores de que os conteúdos interdisciplinares são valiosos para promover esta atitude no aluno. Por outro, de acordo com a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel é a forma de aprendizagem e não especificamente o conteúdo.

O fato é que poucos docentes de Física conseguem promover o que acreditam ser a interdisciplinaridade, associar os conteúdos entre si e com as aplicações tecnológicas. Os principais motivos apontados por eles são, formação ineficiente sobre o tema, falta de tempo para preparar as aulas, uso constante dos livros que também não trazem essa abordagem específica.

Nesta perspectiva, a escola deveria formalizar este procedimento interdisciplinar e viabilizar o encontro entre professores para que os mesmos articulassem um trabalho em conjunto. Onde segundo Japiassu (1976, p. 74):

A colaboração entre as diversas disciplinas ou entre os setores heterogêneos de uma mesma ciência conduz a interações propriamente ditas, isto é, existe certa reciprocidade nos intercâmbios, de tal forma que, no final do processo interativo, cada disciplina saia enriquecida. (JAPIASSU, 1976, pg. 74)

A interdisciplinaridade é uma metodologia que possibilita uma nova forma de ensino baseado no diálogo entre as disciplinas.

1.6 Uso de Diferentes Metodologias em Sala de Aula

De acordo com a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, a motivação é um parâmetro importante para promover a aprendizagem. Assim, neste trabalho, procurou-se diferenciar as metodologias (vídeos, pesquisas, trabalho em equipe e experimentação) para atender as diferenças individuais que os alunos apresentam para o processo de aprendizagem.

Estudos apontam que existem diferentes tipos de alunos quanto ao modo de aprender, além disso, utilizamos a pesquisa como forma de permitir a ampliação do tema. A leitura em sítios de busca pela internet facilita a compreensão do tema porque eles buscam as informações de acordo com suas motivações e deficiências.

Essas metodologias podem funcionar como organizadores para novas informações que serão transformadas em novos significados. A predisposição do estudante pode ser estimulada quando este vê sentido (o conteúdo é relevante para ele) e significado (ele entende o que está sendo ensinado) (Ausubel, 2000).

Quanto aos recursos (materiais com potencial para uma Aprendizagem Significativa), o professor deve conhecer a função que eles exercem no contexto educacional (se estes se relacionam com os objetivos educacionais que pretende alcançar), a estrutura lógica (se o método escolhido aborda de maneira explícita os conceitos a serem ensinados na aula) e do vocabulário adequado à faixa etária do aluno (Ausubel, 2000)

O vídeo (mídias) é uma ferramenta muito utilizada pela sociedade, como forma de diversão, distração e conhecimento. No entanto na prática docente ele não pode servir apenas para atrair a atenção, mas sim fazer parte do processo de ensino. Segundo Correa (2002):

As inovações tecnológicas não significam inovações pedagógicas. Por meio de recursos considerados inovadores, reproduzem as mesmas atitudes, o mesmo paradigma educacional pelo qual fomos formados. Não basta trocar de metodologia, sem antes de reformular a sua própria prática, porque senão estaremos repetindo os mesmos erros. Devemos compreender a tecnologia para além do artefato, recuperando sua dimensão humana e social. (CORREA, 2002, p.44)

É importante que o docente tenha consciência e bom senso ao utilizar essa metodologia, para que ela não seja apenas um meio de atração e sim parte do pro-

cesso, onde possa ampliar a forma de ensinar e aprender. A aprendizagem significativa através dos vídeos é um desafio, porém se bem aplicada eles possibilitam uma maior eficiência no ato de ensinar, minimizando possíveis problemas de compreensão e desinteresse.

A utilização desse recurso pode potencializar a ocorrência de: uso de materiais potencialmente significativos e predisposição do sujeito para aprender. Na relação das práticas pedagógicas com o uso do vídeo ocorre a aprendizagem significativa, pois o conhecimento sofre um processo de contínua elaboração e reelaboração dos conceitos. (Moreira, 2006).

Em relação as práticas experimentais, a metodologia utilizada no ensino de física se restringe a aplicação de fórmulas matemáticas. Os livros didáticos apresentam uma parte teórica, muitas vezes de forma sucinta. Muitas são as dificuldades encontradas pelos docentes para ensinar de forma que o estudante aprenda de maneira significativa.

Algumas dessas dificuldades são: falta de tempo para preparar aulas mais dinâmicas, ausência de recursos pedagógicos, como: laboratório e instrumentos, comodismo por parte de alguns docentes para preparar aulas que envolva história, teoria e prática.

A prática experimental é uma metodologia que prende a atenção e auxilia no processo de ensino aprendizagem, bem como na observação, análise, exploração, a busca pelo conhecimento científico e estímulo para pesquisa que possibilitam aos estudantes desenvolver suas habilidades, tornando a mais significativa.

De acordo com as Diretrizes Curriculares da Educação Básica (DCEs) - Física (2008) temos:

A Física tem como objeto de estudo o Universo, sua evolução, suas transformações e as interações que nele ocorram. Para que o estudante compreenda o objeto de estudo e o papel dessa disciplina no Ensino Médio será necessário uma abordagem pedagógica dos conteúdos escolares fundamentados nos conteúdos estruturantes, que são os conhecimentos e as teorias que hoje compõem os campos de estudo da Física e servem de referência para a disciplina escolar. Serão denominados “conteúdos estruturantes (DCEs FÍSICA, 2008, p. 50).

A Física é uma disciplina responsável por investigar fenômenos da natureza, sendo a experimentação uma aliada no processo de ensino.

Caldas (2008) afirma que:

A disciplina de Física, em especial, da Física Moderna no Ensino Médio permite a compreensão dos diversos fenômenos que ocorrem no ambiente natural, os quais podem ser explorados com o auxílio de recursos que favorecem a aprendizagem do aluno “por meio da experimentação e da visualização dos fenômenos em estudo, que deixam à dimensão da abstração e são apresentados no contexto social. (CALDAS, 2008, p. 5)

A experimentação ajuda a entender certos fenômenos que estão relacionados com o dia a dia do estudante. De acordo com Araújo e Abib (2003):

A análise do papel das atividades experimentais desenvolvidas amplamente nas últimas décadas revela que há uma variedade significativa de possibilidades e tendências de uso dessa estratégia de ensino de Física, de modo que essas atividades podem ser concebidas desde situações que focalizam a mera verificação de leis e teorias, até situações que privilegiam as condições para os alunos refletirem e reverem suas ideias a respeito dos fenômenos e conceitos abordados, podendo atingir um nível de aprendizado que lhes permita efetuar uma reestruturação de seus modelos explicativos dos fenômenos (ARAÚJO e ABIB, 2003, p.177)

Os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio contemplam a disciplina de Física como cultura ampla e como cultura prática, assim como a ideia de uma ciência a serviço da construção de visão de mundo e a formação de competências humanas amplificadas. Assim, será permitida:

A formação geral em oposição à formação específica; o desenvolvimento de pesquisar, buscar informações, analisá-las e selecioná-las; a capacidade de aprender, criar, formular, ao invés do simples exercício de memorização. (BRASIL, 1999, p. 5).

A aprendizagem por meio de prática experimental somada aos conhecimentos prévios dos estudantes faz com o estudante compreenda os conceitos tornando a aprendizagem significativa. A aprendizagem significativa de acordo com Moreira (2012) é:

[...] pela interação entre novos conhecimentos e aqueles especificamente relevantes já existentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Para isso, em sala de aula, o aprendiz deve apresentar uma predisposição para aprender e os materiais educativos devem ser potencialmente significativos. Contudo, tais condições são necessárias, mas não suficientes. É preciso levar em conta que a aprendizagem não pode ser pensada isoladamente de outros lugares comuns do fenômeno educativo como o currículo, o ensino e o meio social (MOREIRA, 2012, p. 14).

Contudo esse tipo de metodologia produz nos estudantes uma série de fatores que auxiliam na criatividade, o espírito de cooperação, investigação, possibilita a

troca de idéias, construindo um conhecimento mais significativo, visto que consegue criar uma relação entre a teoria e a prática.

É importante pontuar também o fortalecimento da ligação entre os vários saberes, tanto populares como científicos, expandindo o conhecimento, que são essenciais para a manifestação da aprendizagem significativa.

Outra metodologia utilizada foi a da pesquisa, a pesquisa em sala de aula ou extra classe pode se tornar uma grande companheira ao processo de ensino e aprendizagem, constitui-se numa ferramenta capaz de desenvolver, reflexão, espírito investigativo e capacidade de argumentação.

Quando bem empregada e encaminhada com certo rigor, valoriza o questionamento, estimula a curiosidade, alimenta a dúvida, torna a aula mais cativante, aumenta os horizontes do conhecimento do aluno. Assim, Demo (2002, p. 32), afirma que “[...] a pesquisa é a arte de questionar de modo crítico e criativo, para melhor intervir na realidade”.

Segundo Demo, a alicerce da educação escolar é a pesquisa, pois quem conhece está apto a intervir de forma competente, crítica e inovadora. Deve se incentivar a pesquisa, não como maneira de deixar o aluno ocupado, mas sim fazer entender a importância desse recurso na construção e aprimoramento do conhecimento.

Não é possível sair da condição de objeto (massa de manobra), sem formar consciência crítica desta situação e contestá-la com iniciativa própria, fazendo deste questionamento o caminho de mudança. Aí surge o sujeito, que o será tanto mais se, pela vida afora, andar sempre de olhos abertos, reconstruindo-se permanentemente pelo questionamento. Nesse horizonte, pesquisa e educação coincidem, ainda que, no todo, uma não possa reduzir se à outra (DEMO, 2007, p. 8).

Para o autor, é necessário superar o uso exclusivo do modo expositivo de dar aulas, onde o professor tem a papel principal de transferir conhecimentos já elaborados, o que define como cópia e que “atrapalha o aluno, porque o deixa como objeto de ensino e instrução” (Demo, 2007, p.7)

A sala de aula onde o professor é transmissor de conhecimentos deve ser repensada e transformada. Isso não quer dizer que o professor deva ocultar sua autoridade, mas sim que o mesmo participe e demonstre interesse pela aprendizagem de cada aluno.

Nesse espaço de sala de aula é importante desenvolver o espírito de trabalho em equipe e evitar competições individuais, já que a cidadania se constitui pela organização solidária. Para o Demo, no trabalho em grupo é importante saber argumentar com fundamentação, fazer concessões, ouvir a opinião dos outros e não querer que apenas a sua ideia permaneça, evitando assim o individualismo e estimulando a coletividade.

A sala de aula precisa ser exemplo de um ambiente motivador de trabalho em grupo, para que aluno fora desse ambiente consiga trabalhar de forma coletiva, valorizando a experiência de cada um e relacionando sempre que possível o que se aprende no cotidiano, como citado por Demo (2007):

[...] trabalhar em equipe é um reclamo cada vez mais insistente dos tempos modernos, por várias razões muito convincentes. De uma parte, trata-se de superar a especialização excessiva, que sabe muito de quase nada, porquanto não faz jus à complexidade da realidade, sobretudo não compreende a sociedade, seus problemas e desafios, de modo matricial, globalizado, multidisciplinar. De outra, o trabalho de equipe, além de ressaltar o repto da competência formal, coloca a necessidade de exercitar a cidadania coletiva e organizada, à medida que se torna crucial argumentar na direção dos consensos possíveis. Neste sentido, pode-se trabalhar a solidariedade e a ética política de maneira mais objetiva, lançando sobre o conhecimento o desafio da qualidade política (DEMO, 2007, p.18).

É importante ressaltar aqui que os conhecimentos transmitidos pelo professor também deve fazer parte das atividades escolares, a pesquisa é apenas uma metodologia que pode fazer com que o aluno modifique ou melhore seus conceitos de senso comum, pois é impossível e difícil trabalhar todos os conteúdos curriculares em forma de pesquisa e os conhecimentos historicamente acumulados devem ser garantido ao aluno. Nesse sentido, Demo afirma que:

Mesmo assim, a transmissão de conhecimento acumulado é insumo indispensável, em vários sentidos: a) porque conhecemos a partir do que já se conhece[...]; b) porque muito raramente conseguimos produzir conhecimento realmente novo[...]; c) porque, culturalmente falando, o processo de aprendizagem é realizado não de modo desencarnado, isolado, inventado, mas na esteira geracional que supõe sempre também transmissão; o processo transmissivo (DEMO, 2007, pg.26).

O autor defende que a transmissão de conhecimentos não deve ser um ponto final, mas sim um ponto de partida para as gerações atuais e futuras aperfeiçoarem o que já foi construído ao longo do tempo.

2. PRODUTO EDUCACIONAL: PROPOSTA DIDÁTICA PARA TRABALHAR O TEMA LUZ E COR

Neste capítulo apresenta-se o desenvolvimento da proposta didática para trabalhar o tema LUZ E COR. Esta proposta aqui aplicada fundamenta-se nos preceitos teóricos da aprendizagem significativa de Ausubel. A escolha para tal abordagem teórica pode ser justificada nos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio:

“[...] a Física deve apresentar-se, portanto, como um conjunto de competências específicas que permitam perceber e lidar com os fenômenos naturais e tecnológicos, presentes tanto no cotidiano mais imediato quanto na compreensão do universo distante, a partir de princípios, leis e modelos por ela construídos”. (PCN+, 2002, p. 2).

E, é no cotidiano que aluno obtém seus conhecimentos prévios que são relevantes para aprendizagem. Os subsunçores construídos pelos alunos nunca seguem divisões didáticas por área do conhecimento como é o ensino fragmentado.

Assim, como primeira ação fizemos um levantamento diagnóstico dos conhecimentos prévios dos alunos sobre a teoria eletromagnética, por meio de um mapa conceitual sugerindo o tema “Luz e Cor”. Esclarecemos sobre a necessidade de construírem seus mapas conceituais individualmente e, que essa atividade não seria utilizada como forma de avaliação quantitativa. Esta informação geralmente é importante porque muitos alunos têm medo da avaliação.

A análise desses mapas conduziu uma melhor compreensão dos subsunçores (conhecimentos prévios específicos relevantes) dos alunos, direcionando novos arranjos na elaboração da nossa proposta didática prévia. Por que segundo Ausubel (1980), os professores devem ter ciência dos conhecimentos dos alunos, para então preparar suas atividades de maneira ordenada e lógica, com materiais potencialmente significativos.

A Proposta Didática aqui apresentada totaliza 08 aulas de 50 minutos cada. Para auxiliar o leitor, o Quadro 02 mostra uma visão geral da sequência de atividades utilizada para aplicação do PE.

Quadro 02 – Plano de atividades a ser desenvolvidas na aplicação do PE. **Fonte:** a autora.

<p style="text-align: center;">TEMA: LUZ E COR – UMA PROPOSTA DIDÁTICA INTERDISCIPLINAR</p>
<p style="text-align: center;">METODOLOGIAS DIDÁTICAS: pesquisas, leituras, atividades experimentais, observações de fenômenos, apresentações de trabalho</p>
<p style="text-align: center;">PÚBLICO ALVO: ESTUDANTES DO ENSINO MÉDIO</p> <p style="text-align: center;">PERÍODO DE APLICAÇÃO E DURAÇÃO: 1º bimestre: 07/03/2019 a 26/04/2019</p> <p style="text-align: center;">TEMPO DE EXECUÇÃO - 08 AULAS DE 50 MINUTOS CADA</p>
<p>CONTEÚDOS:</p> <p>(a) OS CAMPOS MAGNÉTICOS E ELÉTRICOS; LINHAS DE CAMPO, FLUXO DE CAMPO MAGNÉTICO.</p> <p>(b) ONDAS ELETROMAGNÉTICAS: COMPRIMENTO, FREQUÊNCIA, ENERGIA; CORES PRIMÁRIAS E SECUNDÁRIAS;</p> <p>(c) MESCLA ADITIVA E MESCLA SUBTRATIVA;</p> <p>(d) A COR APARENTE DOS OBJETOS;</p> <p>(e) OLHO HUMANO: CONES, BASTONETES.</p>
<p>OBJETIVO GERAL:</p> <p>➤ COMPREENDER O FENÔMENO, DO PONTO DE VISTA FÍSICO E BIOLÓGICO, PARA A FORMAÇÃO DA COR DE UM OBJETO.</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS:</p> <p>➤ IDENTIFICAR A LUZ COMO ONDA ELETROMAGNÉTICA, CONSTITUÍDAS PELA OSCILAÇÃO DO CAMPO ELÉTRICO E MAGNÉTICO;</p> <p>➤ PERCEBER A EXISTÊNCIA DE ONDAS ELETROMAGNÉTICAS INVISÍVEIS AOS OLHOS, CALOR, CORRENTE ELÉTRICA ALTERNADA, MICRO-ONDAS, ETC.</p> <p>➤ DIFERENCIAR O COMPORTAMENTO DA ONDA ELETROMAGNÉTICA EM RELAÇÃO A COR QUE OS OLHOS PERCEBEM.</p> <p>➤ DIFERENCIAR A COR LUZ DA COR PIGMENTO, IDENTIFICANDO SUAS CORES PRIMÁRIAS EM CADA UMA DESSAS MESCLAS.</p>
<p>AVALIAÇÃO:</p> <p>ELABORAÇÃO DE MAPAS CONCEITUAIS SOBRE OS CONCEITOS ENVOLVIDOS. SEMINÁRIOS, E IMPRESSÕES REGISTRADAS PELO(A) DOCENTE DA APLICAÇÃO EXPERIMENTAL.</p>

O Quadro 03 apresenta a ordem e as divisões de aplicação da proposta didática por aula. Essas atividades foram organizadas com o objetivo de abrir um “leque” de opções para que os alunos durante o processo de ensino aprendizagem tenham oportunidades de adquirir novos conhecimentos de diversas formas (pesquisa, debate e prática) reorganizando assim seus conhecimentos.

Quadro 03 - Ordem por aula para a aplicação do conteúdo e a metodologia utilizada da proposta didática. **Fonte:** a autora.

<p>MOMENTO: 1ª AULA</p> <p>CONTEÚDOS:</p> <p>DIAGNÓSTICO DOS SUBSUNÇORES E CONHECIMENTOS PRÉVIOS SOBRE LUZ E COR; VÍDEOS SOBRE O TEMA.</p> <p>METODOLOGIA:</p> <p>APRESENTAÇÃO DA PROPOSTA E EXPLICAÇÃO SOBRE MAPA CONCEITUAL</p> <p>APRESENTAMOS ALGUNS QUESTIONAMENTOS PARA DIRECIONAR A ATENÇÃO AOS VÍDEOS APRESENTADOS:</p> <p>HTTPS://YOUTU.BE/HRBKNIG5EIE (TEMPO DE DURAÇÃO = 0M:52S)</p> <p>HTTPS://YOUTU.BE/45F5VA6SH08 (TEMPO DE DURAÇÃO = 8M:27S)</p> <p>HTTPS://YOUTU.BE/S_DSDCOFFGI (TEMPO DE DURAÇÃO = 4M:42S)</p> <p>HTTPS://YOUTU.BE/HK8U1L39GVC (TEMPO DE DURAÇÃO = 1M:46S)</p> <p>Os alunos foram distribuídos em grupos para que cada um conduzisse uma pesquisa num tema pré-determinado.</p>
<p>MOMENTO: 2ª E 3ª AULAS</p> <p>CONTEÚDO: ONDAS ELETROMAGNÉTICAS</p> <p>METODOLOGIA: LEITURA DO TEXTO: O QUE É LUZ? DEBATE SOBRE O TEXTO.</p>

MOMENTO: 4ª E 5ª AULAS

CONTEÚDO: APRESENTAÇÕES DAS PESQUISAS REALIZADAS PELOS ESTUDANTES.

TEMAS:

1-OLHO HUMANO: CONES, BASTONETES;

2-PRISMA DE NEWTON;

3- POR QUE O CÉU É AZUL?

4-ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO;

5- INFRAVERMELHO;

6- ESPECTROSCOPIA;

METODOLOGIA:

TEXTOS PESQUISADOS NA INTERNET, LIVROS DIDÁTICOS E PARADIDÁTICOS

APRESENTAÇÃO EM SLIDES

PRÁTICAS EXPERIMENTAIS

MOMENTO: 6ª E 7ª AULAS

CONTEÚDO:

ARCO-ÍRIS COM VELA

ESPECTROSCÓPIO CASEIRO

TRAJETÓRIA DA LUZ

EXPERIMENTO DE OERSTED

INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA – LEI DE FARADAY

METODOLOGIA: ATIVIDADES EXPERIMENTAIS DEMONSTRATIVAS (PROFESSORA)

MOMENTO: 8ª

CONTEÚDO: MAPA CONCEITUAL

METODOLOGIA: CONFEÇÃO DE UM MAPA CONCEITUAL INDIVIDUAL SOBRE LUZ E COR

2.1 Aplicação do Produto Educacional

O objetivo principal dessa atividade foi estimular o interesse pela pesquisa científica, onde aluno ao obter novas informações, que elas sejam relevantes e estejam ancoradas na estrutura cognitiva pré-existente (conceitos, ideias e proposições.)

Ainda no aspecto metodológico, criou-se um grupo no ‘WhatsApp’ para comunicação extra classe, esclarecimentos e para enviar alguma curiosidade sobre o tema ou compartilhar os resultados das pesquisas.

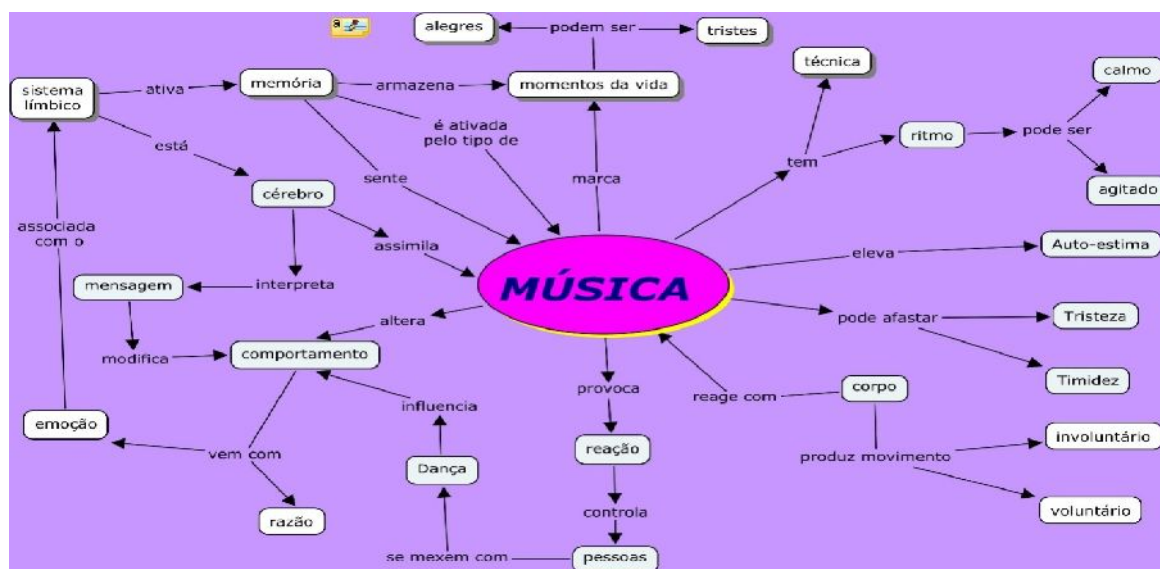
1º momento – Aula 1 – Tempo: 50 minutos

Avaliando os conhecimentos prévios e problematizando o tema

Apresentou-se o projeto, os conteúdos envolvidos, os objetivos, o que seria um mapa conceitual, como eles podem ser feitos e alguns exemplos envolvendo conceitos sobre as Leis de Newton.

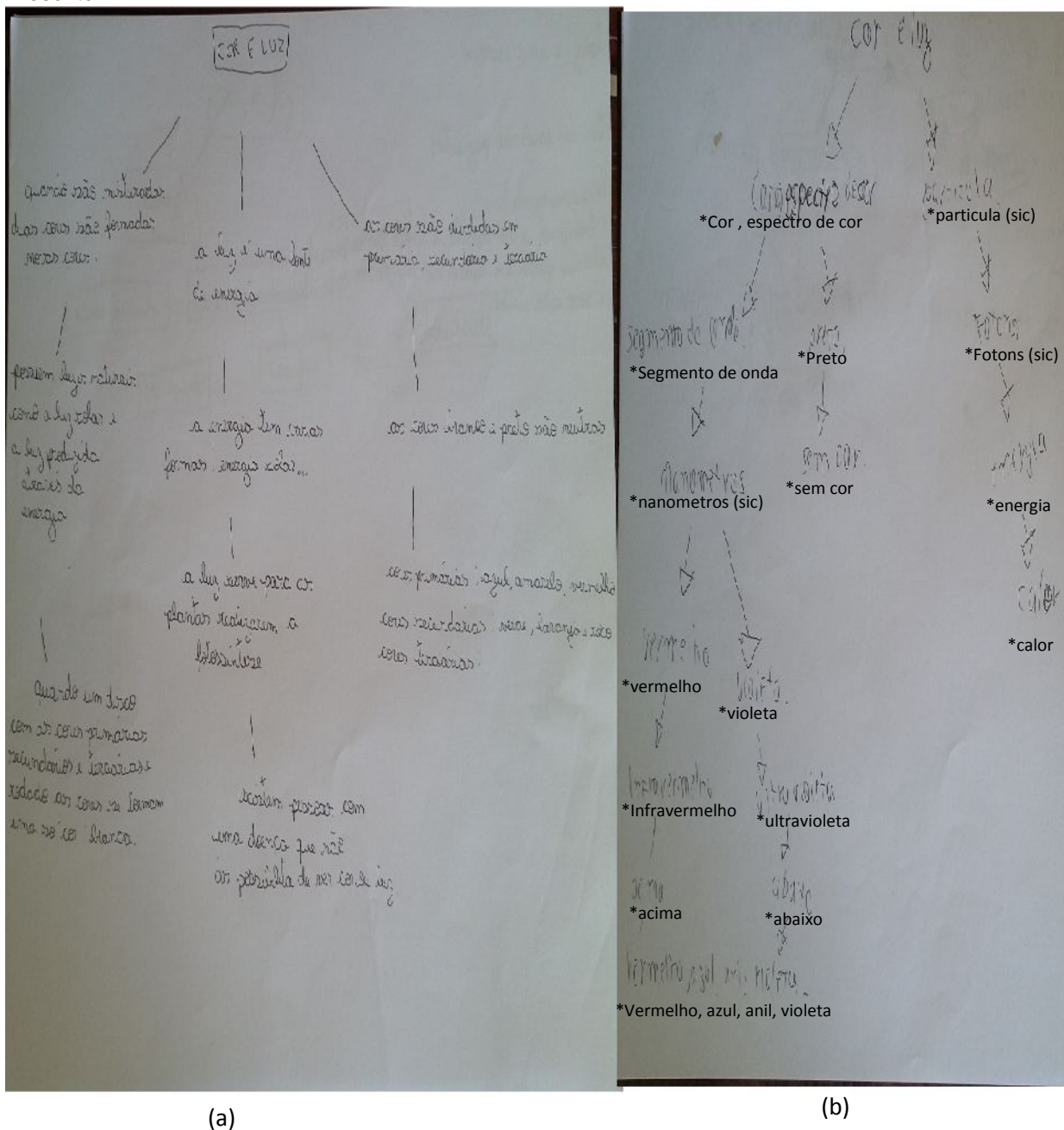
A escolha desse tema seu deu em virtude de ser um conteúdo já visto por eles no 1º ano e que não vai influenciar na elaboração do mapa do conteúdo da proposta e um mapa com o conceito música, optou por esse tema, pois ele está diretamente relacionado com nossos alunos e por ser de fácil compreensão. Apresentam-se a seguir (Figuras 30 e 31), os exemplos dos mapas conceituais.

Figura 30 - Representação de um mapa conceitual sobre música.



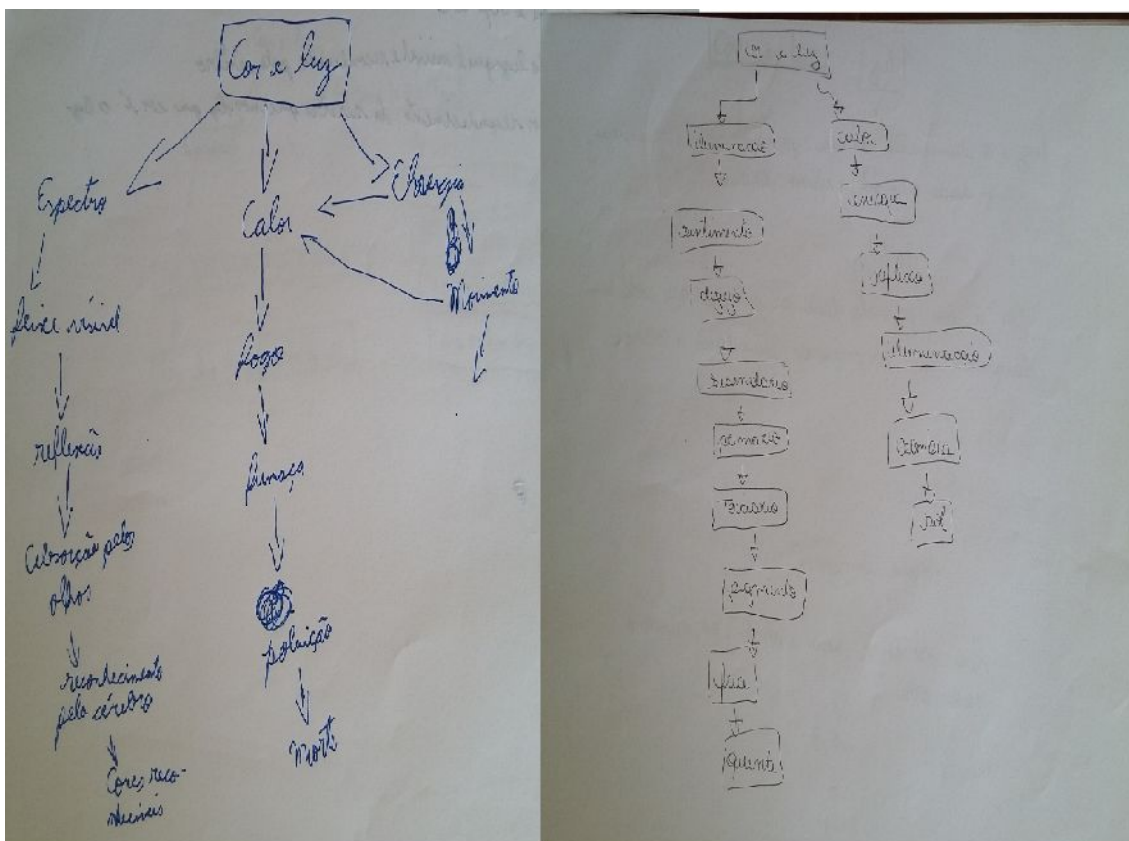
Fonte: <http://grupo15bmusica.pbworks.com/f/1223771370/m%C3%BAsica_kathia3%20-%20A%20influ%C3%AAncia%20da%20m%C3%BAsica%20no%20comportamento.jpg>.

Figura 19 - Imagem fotográfica dos mapas conceituais realizados pelos alunos, com o Tema: cor e luz. Em (b) foi feita uma transcrição anotada pelo símbolo * para melhor compreensão do que foi escrito.



Fonte: arquivos da autora.

Figura 34 - Imagem fotográfica de dois mapas conceituais realizados pelos alunos.



Fonte: arquivos da autora.

Depois que todos fizeram o seu mapa conceitual, individualmente, os alunos foram instigados a responderem as seguintes questões numa folha A4:

1. O que é luz?
2. Por que enxergamos?
3. O que é cor?

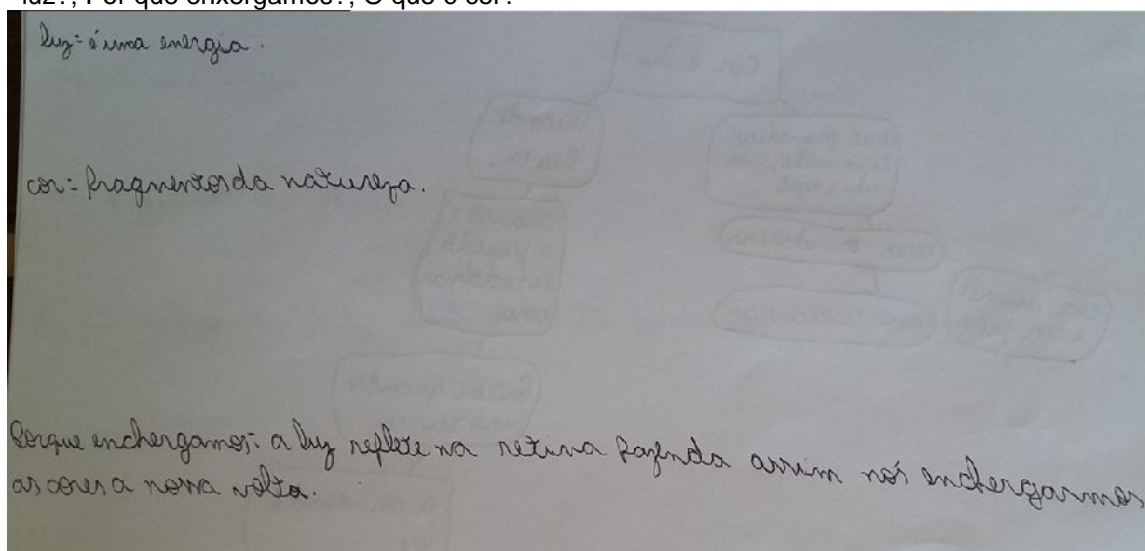
Para dar um suporte teórico para as possíveis respostas, os alunos assistiram quatro vídeos, disponíveis nos seguintes endereços:

- <https://youtu.be/hrbkni95eie> - Experiência da cor - luz
- <https://youtu.be/45f5va6sh08> - Decomposição da luz, teoria das cores e a cor de um corpo
- https://youtu.be/s_dsd0ffgi - Foto recepção - cones e bastonetes
- <https://youtu.be/hk8u1l39gvc> - Cores, luz, arco-íris e visão

Os quatro vídeos contêm uma duração total de 18 minutos e 46 segundos, esses vídeos abordam: formação das cores, visão, cones e bastonetes, formação das imagens e os ajuda a responder as questões apontadas.

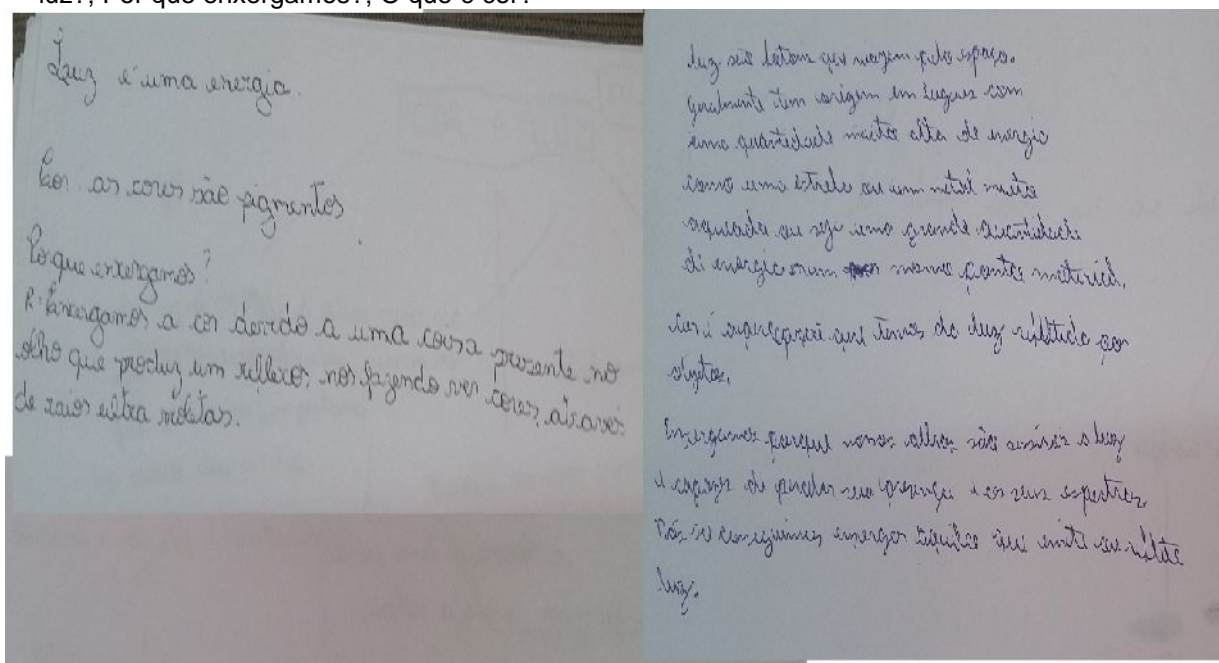
Nas Figuras 35 a 37 estão apresentados exemplos das respostas escritas pelos alunos.

Figura 35 - Imagem fotográfica das respostas sobre as perguntas da aula 1. Sendo elas: O que é luz?; Por que enxergamos?; O que é cor?



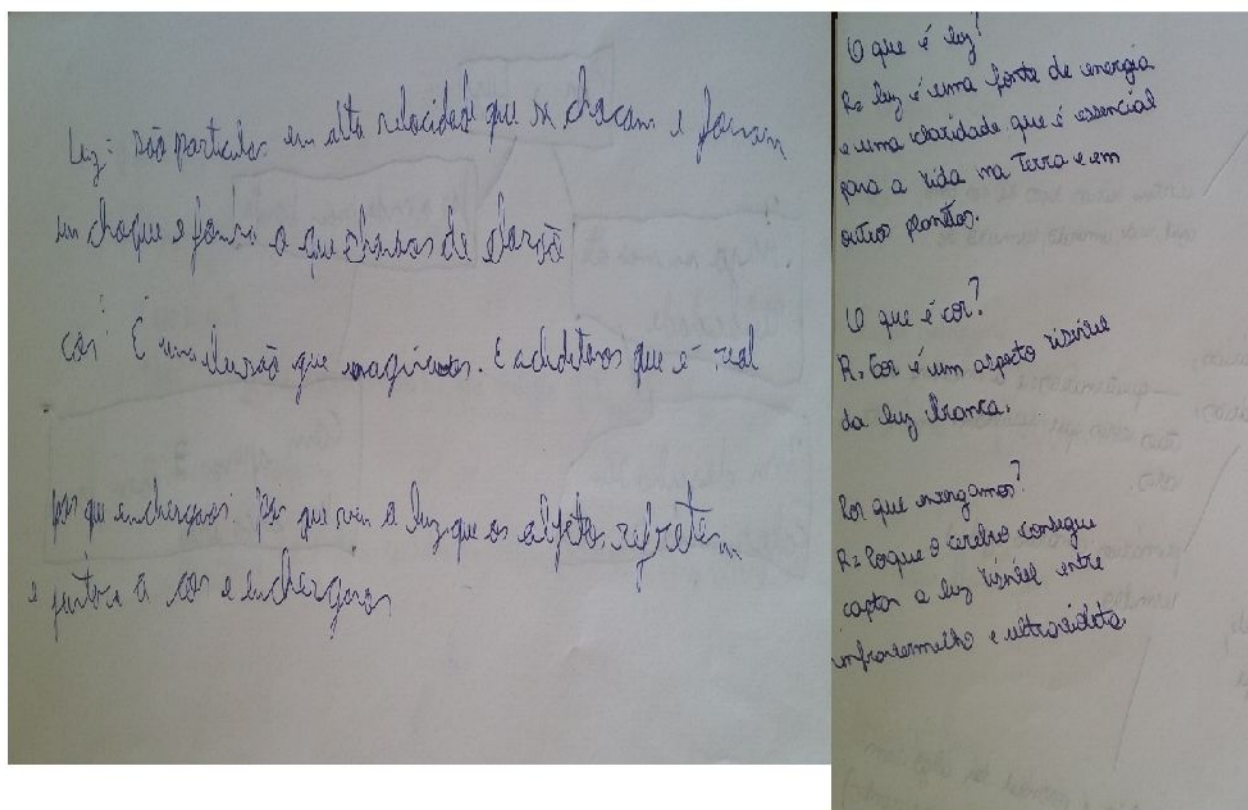
Fonte: arquivos da autora.

Figura 36 - Imagem fotográfica das respostas sobre as perguntas da aula 1. Sendo elas: O que é luz?; Por que enxergamos?; O que é cor?



Fonte: arquivos da autora.

Figura 37 - Imagem fotográfica das respostas sobre as perguntas da aula 1. Sendo elas: O que é luz?; Por que enxergamos?; O que é cor?



Fonte: arquivos da autora.

No final, foi solicitado aos estudantes que se dividissem em grupos, em que a formação dos mesmos deveriam ser enviadas no grupo de 'WhatsApp'. A formação dos grupos resultou em: 02 grupos com 06 participantes, 04 grupos com 05 participantes. Cada um dos grupos ficou responsável pela pesquisa de um dos temas elencados a seguir:

- 1- Olho humano: cones e bastonetes;
- 2- Prisma de Newton;
- 3- Por que o céu é azul?
- 4- Espectro Eletromagnético;
- 5- Infravermelho;
- 6- Espectroscopia;

O único tema proposto pela professora (autora deste trabalho) foi a do olho humano: cones e bastonetes em virtude do não conhecimento desse tema por parte dos alunos, os demais temas foram escolhidos por eles.

As equipes foram orientadas a:

- Realizarem a interdisciplinaridade, principalmente com a Química uma vez que o curso é Técnico em Química e a componente curricular de Química tem uma relação importante com o tema da proposta, em que eles poderiam relacionar com alguns assuntos, por exemplo: corantes e elementos químicos magnéticos;
- Que as fontes das pesquisas não deveriam ser exclusivamente de páginas da *internet*, que era também para pesquisar outras fontes, como: livros e artigos científicos;

Toda essa dinâmica de divisão de grupos, temas e orientações foram realizadas pelo grupo de 'WhatsApp'.

2º momento – Aulas 2 e 3 – Apresentação dos conceitos

Tempo: 100 minutos

É relevante mencionar que o texto de apoio aqui utilizado: “O que é luz?” (A-pêndice I – página 111) foi elaborado pela autora no intuito de cumprir com os objetivos propostos neste trabalho, porém com caráter informativo, pois os alunos não possuem conhecimentos de conteúdos básicos como: conceito de eletricidade e magnetismo.

Os conteúdos trazidos pelos livros didáticos são sempre fragmentados e não revelam as relações entre as diferentes áreas do conhecimento e nem entre uma determinada área em específico.

O referido texto foi distribuído e lido na sala de aula pelos alunos que deveriam assinalar os conceitos ou temas não compreendido e seu objetivo foi de informar a existência de alguns conceitos que eles não conheciam, pois a formação seria algo mais complexo. Por se tratar de um assunto extenso e difícil seria necessária uma quantidade maior de aulas.

O texto foi utilizado como organizador prévio de forma que foi possível diagnosticar as dificuldades, defasagens de conteúdos e falta de conhecimento de alguns termos e palavras.

Ao término da leitura, abre-se espaço para as discussões e comentários.

Após as discussões sobre as dúvidas e conceitos envolvidos, que foram poucas, como forma de reforçar os temas abordados, os alunos foram encaminhados

para assistirem os vídeos que descrevem o comportamento de uma onda mecânica e suas diferenças e semelhanças com a onda eletromagnética e o que seria o éter.

<https://youtu.be/gLGnOP6KFjE> - Luz e do éter luminoso

<https://youtu.be/vFAMkaVWiAU> - Ondas e éter

Com duração total de 14min10 seg, estes vídeos auxiliaram na compreensão do conceito de éter daquele período. Já que num primeiro momento, os alunos interpretaram o éter como a substância química conhecida atualmente.

3º momento – Aulas 4 e 5 – apresentação das pesquisas

Tempo: 100 minutos - 2 aulas

Cada equipe deveria apresentar suas pesquisas utilizando textos. Eles poderiam utilizar as mídias e/ou fazer experimentos. Para que todos pudessem apresentar, foi estabelecido previamente o tempo de 15 minutos para cada grupo. No entanto, observamos que alguns grupos excederam esse tempo. Eles foram instruídos a realizar as pesquisas em diversas fontes (*internet* e livros).

Segue o tema e a metodologia de cada apresentação e algumas considerações que julgamos pertinentes.

Equipe 1: 5 participantes.

Tema pesquisado - Experimento de Newton com o prisma

Metodologia - Os alunos compartilharam o *link* do texto no grupo de WhatsApp para que os demais estudantes pudessem acompanhar. Em seguida, explicaram oralmente e reproduziram a experiência realizada por Isaac Newton no século XVII, utilizando um texto do site: <https://www.deldebbio.com.br/newton-e-o-prisma> - Acesso em 09/04/2019.

A Figura 38 mostra uma foto do prisma utilizado pelo grupo e na Figura 39 as fotos do resultado do experimento, a saber, a decomposição das cores da luz branca.

A experiência foi realizada no anfiteatro da escola utilizando uma lanterna a base de LED e por não ter conseguido demonstrar a dispersão da luz, eles repetiram

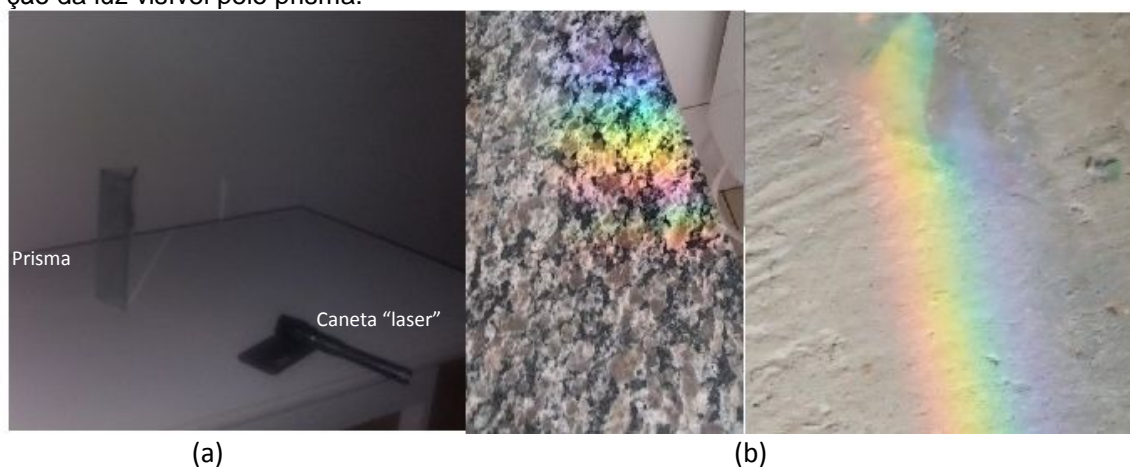
o experimento em uma sala pequena e escura que fica localizada em um dos laboratórios onde tinha passagem de luz natural.

Figura 38 - Imagem fotográfica do prisma de vidro com 25 cm de comprimento e 7 cm de aresta, utilizado pelos alunos da Equipe 1.



Fonte: arquivos da autora.

Figura 39 - Imagem fotográfica do experimento realizado pelos alunos da Equipe 1: (a) no anfiteatro com o uso de uma caneta a luz *laser* e (b) na sala com luz natural, em que se observa a decomposição da luz visível pelo prisma.



Fonte: arquivos da autora.

Texto reproduzido pelos alunos

Newton e o prisma

Texto do site: <https://www.deldebbio.com.br/newton-e-o-prisma/>

Acesso em: 07/04/2019

“Em meados de 1664, o físico inglês Isaac Newton faria uma experiência que influenciaria substancialmente o futuro da filosofia e da física. Com um prisma de vidro em for-

mato triangular, adquirido numa feira em Cambridge, Newton reproduziu um experimento já conhecido em sua época como **Fenômeno das Cores**.

*Fechando todas as cortinas do seu laboratório e colocando uma cartolina com um pequeno furo sobre uma das janelas, Newton conseguiu isolar apenas o pouco de luz que precisava. Por fim, quando aproximou seu prisma a este feixe de luz branca, Newton observou que esta, ao atravessar o objeto, dividia-se num fabuloso arco-íris, que mais tarde ele chamaria de **Spectrum**, um degradê que variava do violeta, anil, azul, verde, amarelo, laranja e vermelho.*

Cientistas anteriores a Newton já havia realizado este experimento, a diferença é que nenhum destes foi tão longe como ele. Em experiências posteriores, Newton isolou cada uma das cores, estudou suas propriedades, ângulos, formatos e com o auxílio de outro prisma, tentou sem sucesso, dividir estas cores isoladas mais uma vez.

Em outra ocasião, Newton repetiu o primeiro experimento, desta vez sem isolar cor alguma, simplesmente colocou outro prisma através do feixe colorido. Ao observar o lado oposto do segundo prisma, Newton viu um único feixe de luz branca, ele havia juntado todas as cores do arco-íris novamente em um único feixe de luz.

Com este experimento, nasce a ciência chamada espectroscopia, usada até hoje para determinar as propriedades das estrelas e galáxias distantes. Nasce no ocidente, o entendimento de que a diversidade de cores que enxergamos provém de uma só unidade: a luz branca”.

Equipe 2: 5 participantes.

Tema pesquisado - Por que o céu é azul?

Metodologia - O grupo entregou uma cópia do texto para cada estudante, em seguida fizeram a leitura parcial do texto na sala de aula e ilustraram o fenômeno da dispersão no quadro da sala de aula (Figura 40). Entretanto a leitura parcial do texto confundiu alguns estudantes, sendo assim, foi necessário um aconselhamento docente para que os participantes da equipe 2 compartilhasse o *link* do texto no grupo do *WhatsApp* para que todos acompanhassem a leitura e tivessem uma melhor compreensão do assunto escolhido pelos alunos.

Texto reproduzido pelos alunos:

Por que o céu é azul

Texto do site: <https://super.abril.com.br/ciencia/por-que-o-ceu-e-azul/>

Acesso em: 08/04/2019

“Não, não é porque ele reflete os oceanos, como muito desavisado já saiu repetindo por aí. Trata-se de um efeito provocado pela dispersão da luz solar através da camada de gases que envolve o nosso planeta. Mas, para entender como isso funciona, é preciso primeiro lembrar de duas características da luz.

A primeira é que a luz se movimenta em ondas – minúsculas, é bem verdade, imperceptíveis aos nossos olhos. A segunda é que a luz solar, por ser branca, é na verdade uma mistura de várias outras cores as visíveis, que podemos observar quando se forma um arco-íris, e as que ficam nas faixas do infravermelho e do ultravioleta, que estão além da nossa capacidade visual. Cada uma dessas cores corresponde a uma onda com um determinado comprimento. A azul tem um dos menores comprimentos de onda dentro do espectro visível. A vermelha é a que possui o maior deles.

Pois bem: quando a luz do Sol chega à Terra, ela esbarra na atmosfera e nos milhares de minúsculas partículas de ar presentes ali. Grosso modo, o que vemos é uma espécie de reflexo da luz ao cruzar com essas partículas. Quando o alvo onde a luz bate tem uma dimensão compatível com seu comprimento de onda, parte da energia da luz é absorvida, fazendo suas cargas vibrar e emitir de novo a radiação.

Como os tons de azul têm os menores comprimentos de onda, eles são os únicos compatíveis com essas pequenas partículas, que então absorvem essa luz e a rebatem, espalhando o azul para todos os lugares. Por isso o céu é azulado durante o dia.

Já ao entardecer, como o Sol passa a iluminar a Terra com um ângulo mais oblíquo, a luz tem de atravessar a atmosfera por uma distância maior. Isso faz com que a fração de azul seja diluída de tal modo que não conseguimos vê-la mais, abrindo espaço para enxergarmos apenas os tons mais vermelhos que, por terem um comprimento de onda maior, se espalham menos. Outro fator que influencia a cor do céu é comum nas grandes cidades do mundo: a poluição do ar. Quanto mais houver partículas em suspensão na atmosfera – além das que naturalmente fazem parte dela –, mais a luz azul é espalhada, aumentando a vermelhidão no pôr-do-sol, como se pode notar na comparação entre um entardecer em São Paulo e outro no interior.

Marte provavelmente tem um céu de coloração alaranjada ou avermelhada, por causa de sua atmosfera fina e das partículas de poeira presentes nela.

Rebatendo e espalhando

Como as ondas de luz pintam o nosso Céu:

1. Sete em uma

Ao chegar às partes mais altas da nossa atmosfera, a luz solar é branca, mas isso significa que, na verdade, ela é uma mistura de todas as cores do arco-íris, além de faixas de radiação que nossos olhos não captam.

2. Comprimento

Cada uma das cores do espectro luminoso tem um comprimento de onda característico, o qual pode ser determinado pela distância entre duas “cristas” da ondulação luminosa correspondente.

3. Rebatida

Acontece que a luz azul tem o comprimento de onda exato para ser espalhada em todas as direções pelas moléculas da nossa atmosfera durante o dia, o que leva à nossa percepção de um céu azul”.

Figura 40 - Imagem fotográfica das anotações realizada pelos alunos da Equipe 2 no quadro da sala.



Fonte: arquivos da autora cedida pelos alunos.

Equipe 3: 5 participantes.

Tema pesquisado - Espectro Eletromagnético

Metodologia - Apresentação e leitura utilizando *slides* retirado do site: <https://prezi.com/x7tuv4iwsqgl/radiacoes-do-espectro-eletromagnetico-e-as-suas-aplicacoes-tecnologicas/> Acesso em 09/04/2019.

Os estudantes tentaram fazer o *download* dos *slides*, mas não conseguiram, então fizeram uso da sala multimídia e da *internet*. Esse grupo necessitou de 20 minutos para apresentar. Não houve registros com fotos das atividades dessa equipe.

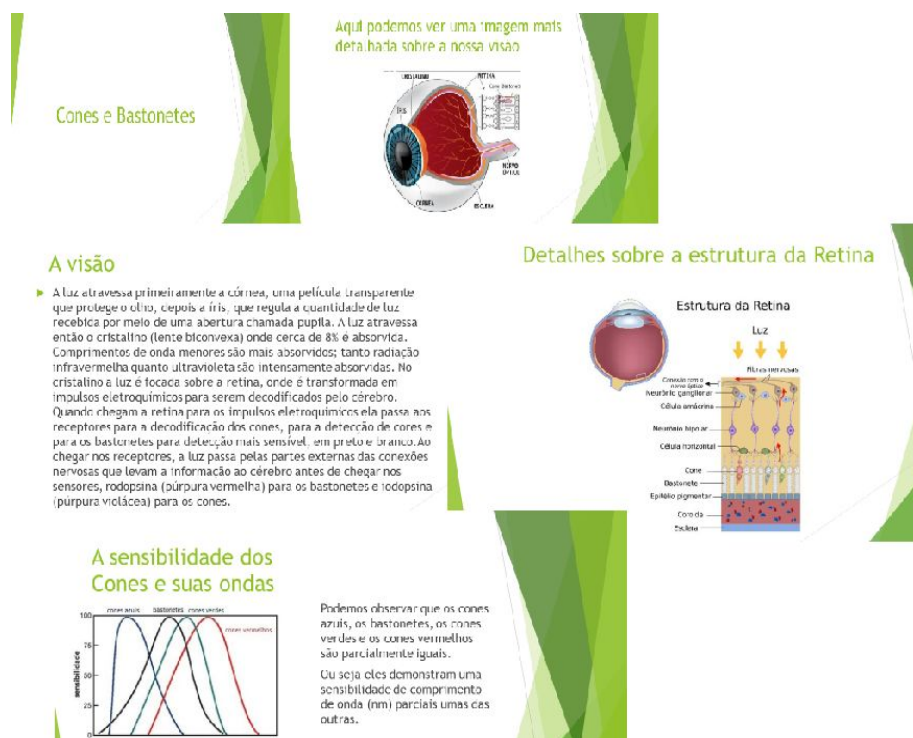
Equipe 4: 5 participantes

Tema pesquisado - Cones e bastonetes

Metodologia - apresentação oral por meio de *slides*.

Os estudantes apresentaram os *slides* contidos nas Figuras 41, mas não souberam dizer a fonte bibliográfica das informações contidas nos mesmos.

Figura 41 – Imagem dos slides da apresentação das atividades dos alunos da Equipe 4.



Fonte: desconhecida.

Equipe 5: 6 participantes.

Tema da pesquisa - Espectroscopia

Metodologia - Apresentação e leitura dos *slides*, disponível no site:

<https://pt.slideshare.net/MssJuh/espectroscopia-35638026> -

Acesso em 11/04/2019.

Apresentação foi realizada na sala multimídia com uso da internet. Não houve registros por meio de fotos dessa equipe.

Equipe 6: 6 participantes

Tema da pesquisa - Infravermelho

Metodologia - Apresentação e leitura dos slides na sala multimídia.

Os estudantes não souberam dizer a fonte bibliográfica das informações contidas nos *slides*, apresentados nas Figuras 42 e 43.

Figura 42 – Imagens dos *slides* das apresentações dos alunos da Equipe 6.

INFRAVERMELHO

A radiação infravermelha tem origem na vibração molecular, que gera oscilações nas cargas elétricas constituintes dos átomos e provoca a emissão de radiação, por isso, esse tipo de radiação está associada ao calor. Um exemplo disso é que, ao colocar a mão nas proximidades de uma chapa de ferro quente, é possível sentir o calor. Isso ocorre por causa da recepção do corpo às ondas de infravermelho produzidas pelo corpo aquecido.

A radiação infravermelha é uma radiação eletromagnética cujo comprimento de onda é maior do que o da luz visível, e por consequência não é visível para os seres humanos. O nome significa "abaixo do vermelho" (do latim infra, "abaixo"). Isto se deve ao fato de a cor vermelha possuir a menor frequência do espectro de luz visível e o **infravermelho** possuir uma frequência logo abaixo da dele. O comprimento de onda do **infravermelho** possui tamanho aproximadamente de 750 nm a 1mm.

O infravermelho não é visível ao olho humano por ser uma onda de comprimento maior que a luz vermelha

Comprimento de onda (nm)

Comprimento de onda (nm)	Região
700	Micro-ondas
600	Infravermelho
580	Luz visível
550	Luz visível
475	Luz visível
450	Luz visível
400	Ultravioleta
	Raios X
	Raios gama

Fonte: desconhecida.

Figura 43 – Imagem dos slides das apresentações dos alunos da Equipe 6.

Graças a esta emissão de ondas de infravermelho pelos corpos em geral, é possível a formação de imagens noturnas, pois cada corpo tem um espectro de emissão de radiação diferente. Assim, a imagem pode ser construída com um sistema detector, sensível a este tipo de radiação.



Medicina: Médicos usam lâmpadas de infravermelho para tratar doenças de pele e aliviar dores musculares. Nestes tratamentos, os raios infravermelhos passam através da pele do paciente e produzem calor.



Indústria: Ondas infravermelhas são usadas extensivamente em fornos projetados especialmente para secar superfícies, couros, metais, papéis e tecidos pintados e esmaltados.



Fonte: desconhecida.

Comentários sobre as apresentações

Ao final de cada apresentação foi questionado, se alguém tinha alguma dúvida, perguntas ou comentários, mas a única apresentação que houve alguns comentários foi a dos cones e bastonetes. Comentários como:

“Eu não sabia!”

“Que legal!”

“É por isso que enxergamos?”

Resposta de um dos integrantes do grupo: “Sim, isso faz parte, mas se for explicar tudo o que pesquisamos ia demorar mais.”

4º momento – Aulas 7 e 8 – Atividades experimentais realizadas pela docente

Tempo: 100 minutos – 2 aulas

Para reforçar alguns tópicos abordados foram realizadas algumas demonstrações por meio de atividades experimentais de fácil acesso e de baixo custo. Todos os experimentos foram previamente montados pela docente (autora da presente dissertação) fora da sala de aula e apresentados para os alunos. Os roteiros foram apresentados por meio de *slides* e enviados ao grupo de WhatsApp.

Essas práticas experimentais tiveram como base os textos e os vídeos a seguir, onde o texto foi lido e os vídeos apresentados.

➤ Textos

Espectroscópio simples

<https://sites.usp.br/nupic/wpcontent/uploads/sites/293/2016/05/aluno-Bloco-VIII-Espectroscopia.pdf> - Acesso em 23/04/201.

Experimento de Oersted

<https://educador.brasilecola.uol.com.br/estrategias-ensino/construindo-experimento-oersted.htm> - Acesso em 03/03/2019.

➤ Vídeos

Arco-íris caseiro com vela

<https://youtu.be/-e9crnQEA78-> Acesso em 03/03/2019.

Trajectoria da luz

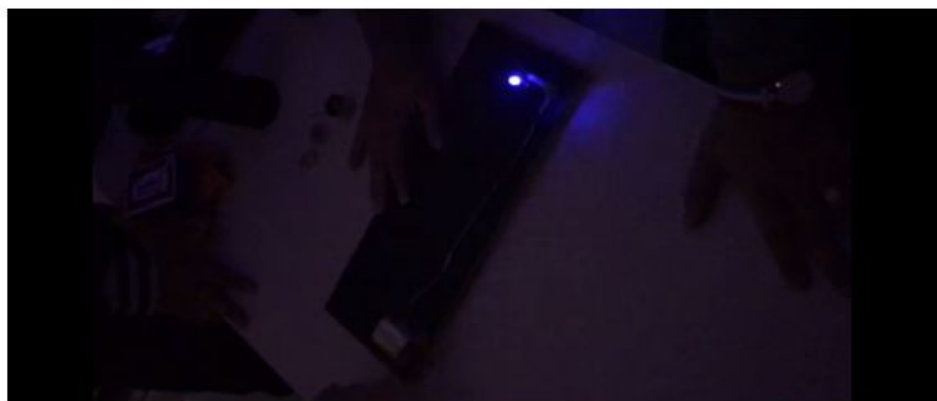
<https://youtu.be/F69tWoZa4ic> - Acesso em 03/03/2019.

Indução eletromagnética

https://www.youtube.com/watch?v=ZmAW9zyc_3s - Acesso em 09/04/2019.

Nas imagens da Figura 44 estão registrados os experimentos realizados.

Figura 44 - Imagem fotográfica dos experimentos realizados pela docente em sala de aula.



Indução eletromagnética



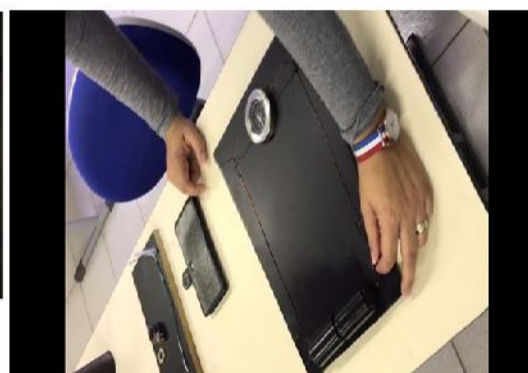
Arco íris com vela caseiro



Trajatória da Luz



Espectroscópio caseiro



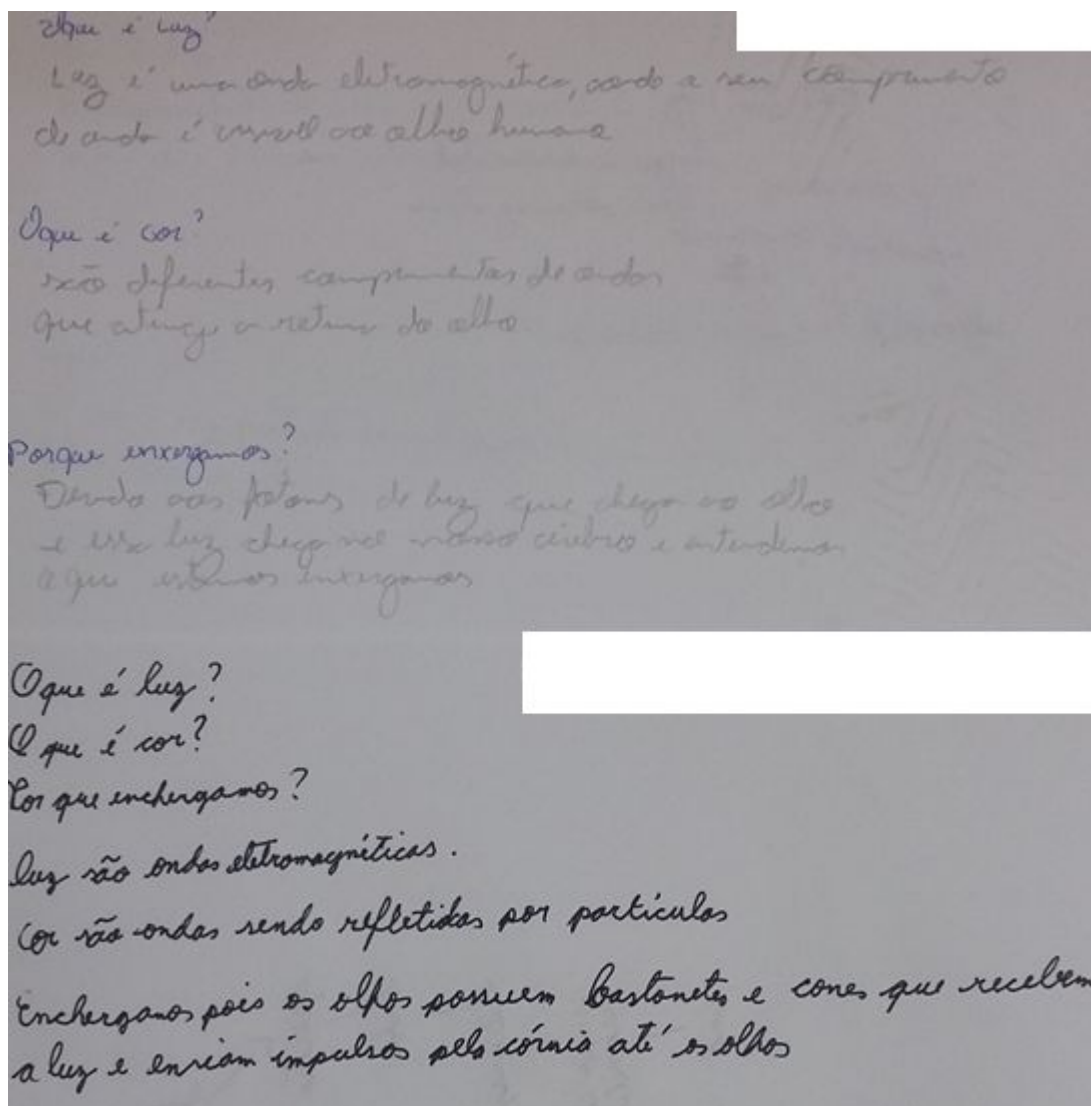
Experimento de Oersted

Fonte: arquivos da autora.

5º momento – Aula 9 – Diagnosticando o conhecimento adquirido

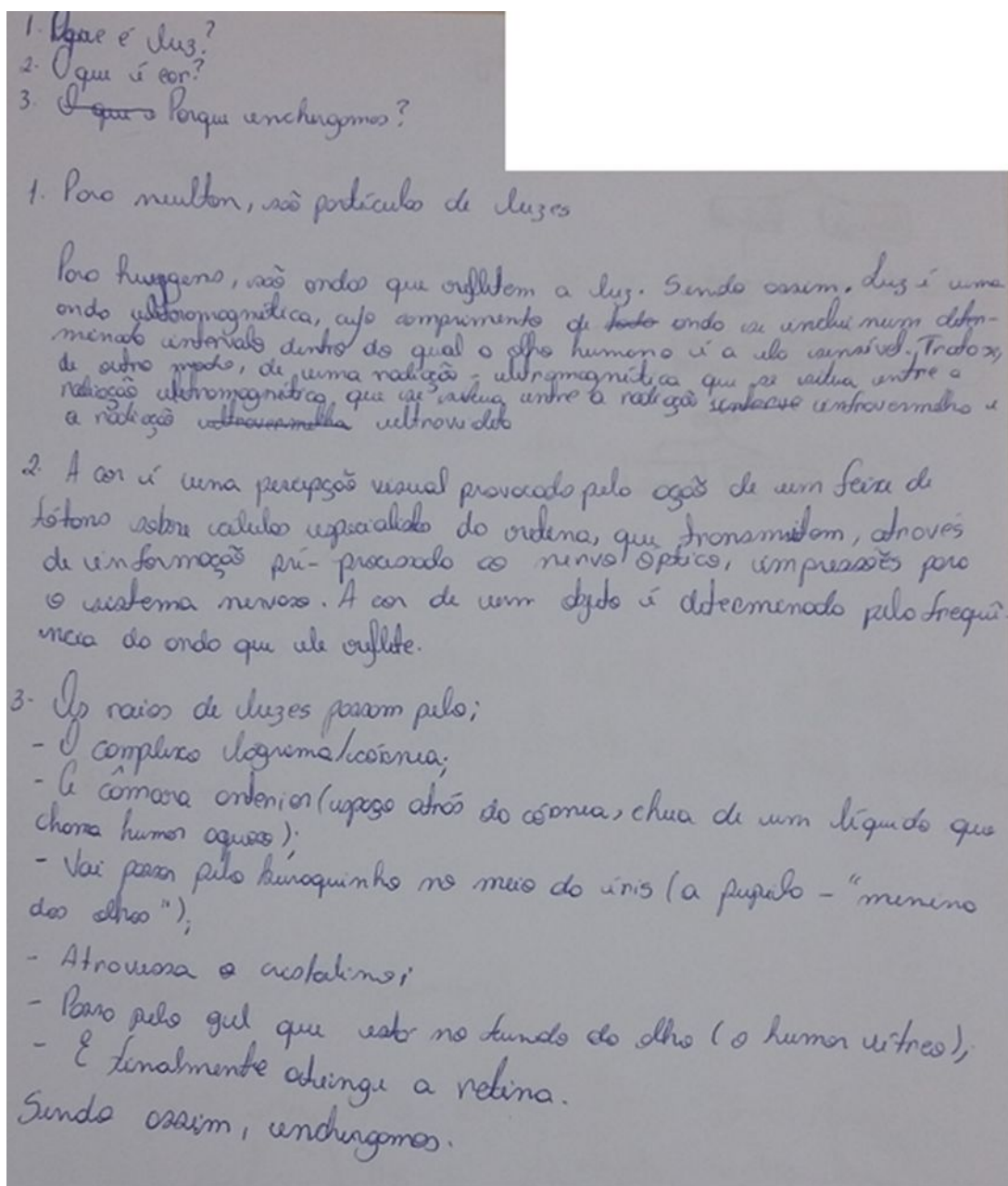
Tempo: 50 minutos – 1 aula

Figura 227 - Imagem fotográfica das respostas sobre as perguntas: O que luz?; O que é cor?; Por que enxergamos? Respondidas na Aula 8.



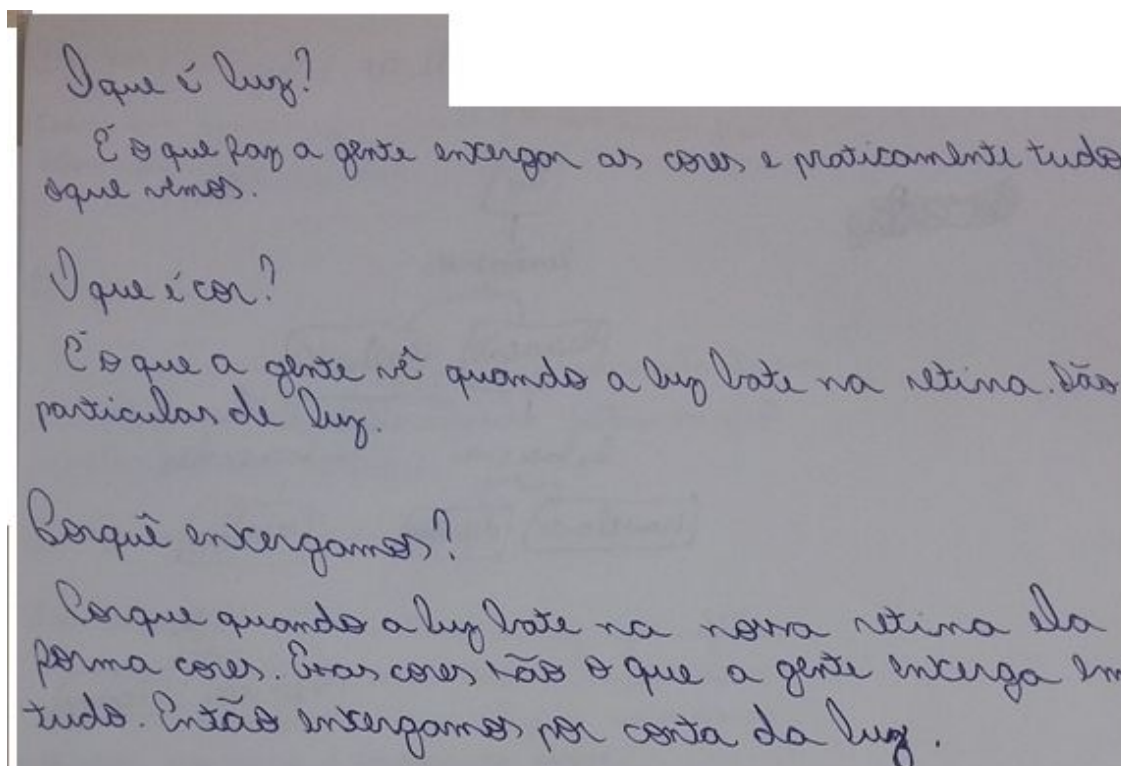
Fonte: arquivos da autora.

Figura 238 - Imagem fotográfica das respostas sobre as perguntas: O que luz?; O que é cor?; Por que enxergamos? Respondidas na Aula 8.



Fonte: arquivos da autora.

Figura 49 - Imagem fotográfica das respostas sobre as perguntas: O que luz?; O que é cor?; Por que enxergamos? Respondidas na Aula 8.



Fonte: arquivos da autora.

Encerrando se assim a aplicação do Produto Educacional. Segue a análise das atividades aplicadas.

3. ANÁLISES DAS ATIVIDADES

Após a aplicação da atividade da Aula 1 foram realizadas as seguintes análises:

O assunto “luz” faz parte do dia a dia dos estudantes, mas eles não conhecem a definição científica de luz e da sua relação com outros conteúdos, apenas a definição do senso comum. Os alunos elaboram noções intuitivas, conhecimentos prévios para explicar os fenômenos físicos que observam, em alguns casos essas noções e conhecimentos levam aparentemente a um erro conceitual.

Esse erro deve ser descartado, pois, na verdade, não é um erro conceitual e sim a maneira que os estudantes compreendem os fenômenos. Outro fator é a dificuldade para entender os conceitos científicos, os motivos são: defasagem de conteúdos e falta de interesse.

Os alunos mostraram ter dificuldade em construir o mapa conceitual, mesmo com exemplos, a grande maioria não conseguiu transmitir seus conhecimentos utilizando essa metodologia, na verdade eles mostraram seus conhecimentos elaborando uma ligação de conceitos, sem utilizar palavras de conexão.

Acredita-se que o motivo dessa dificuldade se deu em virtude da falta de interesse e atenção durante as explicações, dificuldade em compreender o conteúdo devido à defasagem de conceitos básicos.

Outro fator que influenciou foi o tempo limitado para aplicação da proposta prejudicando de certa forma o processo de ensino aprendizagem, pois alguns conceitos básicos, como: carga elétrica e ímã, eles deveriam saber visto que fazem parte do Ensino fundamental II. Nesse ponto, o problema é que em alguns casos não foram ensinados ou eles não compreenderam quando ensinados, sendo assim seria necessário então um maior número de aulas para revisar ou ensinar esses conceitos.

Uma quantidade maior de aulas beneficiaria uma melhor preparação da metodologia adotada pelo professor e um estudo mais detalhado do assunto para que o docente obtenha um conhecimento mais amplo. Segundo a Teoria da Aprendizagem Significativa o aluno se sente motivado a partir do momento que ele compreende um determinado assunto e, para que isso ocorra uns dos fatores é que o docente apresente domínio do conteúdo.

Em relação às três questões propostas: “O que é luz? O que é cor? Por que enxergamos?”. Essas foram respondidas de forma simples mostrando apenas o conhecimento trivial e alguns copiaram a resposta do colega;

As aulas seguintes 2 e 3 surgiram pequenas dúvidas que foram explicadas ao decorrer da leitura, como por exemplo, o que foi o éter, unidades de medidas.

Nas aulas 4 e 5 ocorreram as apresentações e observou-se que os estudantes apresentam dificuldade em organizar e transmitir os resultados de suas pesquisas. Esperava-se que os alunos fizessem perguntas para os colegas ao final de cada apresentação, porém isso não aconteceu. Outra questão fundamental é o uso da *internet* como a única fonte de pesquisa. Os estudantes mostraram não estar preparados para abrir livros e fazer sua pesquisa lendo em diferentes fontes.

Esta dinâmica é preocupante, porque nem sempre os textos divulgados são fontes confiáveis, e a imaturidade com respeito ao tema não permite que eles possam separar as informações de acordo com sua qualidade e veracidade.

No Quadro 4 apresenta-se um resumo das principais situações que ocorreram durante a realização do trabalho das equipes, em que houve dificuldades, mas também houve resultados positivos.

Quadro 4 - Resumo das principais situações que ocorreram durante a realização do trabalho das equipes.

EQUIPE	SITUAÇÕES
1	Primeiramente eles tentaram fazer a experiência da dispersão da luz branca utilizando uma lanterna de LED (a luz observada foi roxa e azul). Ou seja, eles não compreenderam bem sobre a luz emitida por um LED. A dispersão foi observada numa segunda tentativa, utilizando a luz solar.
2	Eles haviam preparado uma experiência, mas deixaram para realizar um teste um dia antes da data prevista para apresentação, como encontram dificuldades resolveram ler somente o texto.

3	Prepararam os slides utilizando como referência o site: https://prezi.com/x7tuv4iwslgl/radiacoes-do-espectro-eletromagnetico-e-as-suas-aplicacoes-tecnicas/ Acesso em 09/04/2019. Mas surgiu um problema com o <i>pendrive</i> , então eles apresentaram os <i>slides</i> do <i>site</i> via conexão com a <i>internet</i> .
4	Sem dificuldades, apresentaram de maneira objetiva, de fácil compreensão, e isso aconteceu porque houve interesse, eles fizeram perguntas e pesquisaram.
5	Organização quanto à leitura dos <i>slides</i>
6	Sem dificuldades, apresentaram de maneira clara e ao decorrer das pesquisas fizeram perguntas.

Ressaltando que, mesmo com as dificuldades encontradas por algumas equipes, eles tentaram de alguma forma explicar o assunto selecionado de maneira que os colegas pudessem compreender. Identificou-se no momento das apresentações uma motivação. E, essa motivação pode ter se manifestado pelo fato de haver uma competição entre eles do tipo: qual equipe ou integrante da equipe apresenta melhor os assuntos?

Segundo os estudantes, o conteúdo é muito complicado, no entanto, eles admitiram que realizaram uma pesquisa e leitura bem superficial e que isso prejudicou o aprendizado.

Alguns disseram que não tinham conhecimento que a luz está relacionada com tantos conceitos e que no decorrer das atividades eles tiveram oportunidade de conhecer, sendo capazes de relacionar fatos do cotidiano com o conhecimento adquirido.

Nas aulas 6 e 7 em que houve as apresentações dos experimentos, os estudantes prestaram atenção, fizeram comentários relacionando as experiências com os conteúdos das aulas anteriores. Segue alguns comentários realizados pelos estudantes.

Comentário 1: “a LED não vai acender, eu fiz em casa e não deu certo”.

Professora: “Certamente você fez algo errado, leia o roteiro com atenção e verifique se não esqueceu de fazer algo”.

Comentário 2: “faltou a luz negra, para gente vê seu espectro”.

Professora: “Eu fui comprar, porém estava com o preço alto”.

Mas foi solicitado que se alguém tivesse era para trazer, então o aluno disse que tinha, porém esqueceu.

Eles assistiram ao vídeo do arco-íris com vela caseira que mostrava o experimento feito também com luz negra, porém não foi possível, por falta do mesmo.

Comentário 3: “Professora, as pilhas estão quentes (experiência de Oersted) está passando energia mesmo!”

Comentário 4: “o experimento com CD é semelhante ao da espectroscopia”.

Ao término das apresentações experimentais foi solicitado que escrevessem um breve comentário (observações) sobre a experiência que eles mais gostaram ou que mais consideraram interessantes. Os comentários a seguir foram reproduzidos, pois a caligrafia dificultaria a leitura.

Comentário 1: “a espectroscopia porque o arco-íris é visível”;

Comentário 2: “o melhor experimento mostrado hoje foi da luz desviada, pois mostra como a luz se comporta em relação a água”;

Comentário 3: “Eu gostei mais da curva da luz, porque eu achava que a luz iria seguir em linha reta”;

Comentário 4: “O experimento que eu mais gostei foi o da vela, pois eu não sabia que dava para fazer um arco-íris colocando a vela na frente do CD”;

Comentário 5: “a do laser, eu achei interessante o laser não conseguir sair pelo tubo de água”;

Comentário 6: “A experiência da indução. Porque não tem nenhuma fonte de energia como tomada ou bateria, e a partir dela se explica como é gerada a energia elétrica”;

Com base na proposta, essa atividade esclareceu a importância da teoria seguida da prática, os estudantes interagiram, conseguiram elaborar comparações e compreender alguns conceitos unindo os seus conhecimentos com os adquiridos ao longo da aplicação das atividades.

No processo de ensino, várias são as metodologias utilizadas pelos docentes para motivar o aprendizado, e a aproximação da teoria com a prática é fundamental para a aprendizagem. Esses estudantes estão habituados com as práticas em laboratório, por se tratar de um curso técnico em Química onde esse tipo de metodologia é freqüente. Talvez por esse motivo eles demonstraram maior interesse e participaram de forma efetiva nesta parte em que se relacionou a prática com a teoria. Com essa metodologia os estudantes percebem a importância da teoria e como ela auxilia na compreensão da prática.

A aula 8 foi destinada para elaboração do mapa conceitual e respostas as mesmas perguntas da aula 1.

Analisando e comparando os mapas observou-se que houve uma aprendizagem, embora a dificuldade para construir um mapa conceitual persistiu.

Em relação às respostas das perguntas, houve uma melhora significativa, porém, poderiam ter respondido de forma mais científica, utilizando os termos vistos durante as atividades, se tivessem feito anotações, mais questionamentos, uma pesquisa mais detalhada e com mais interesse.

Considerando os resultados e análises é visível que houve aprendizagem, que pela própria formação que estão tendo, utilizar experimentos é uma ferramenta bastante positiva no processo ensino e aprendizagem. Já em relação à ausência de interesse por parte de alguns estudantes no que se refere à pesquisa e apresentação, talvez eles esperem respostas prontas e isso prejudica quando há uma atividade diferenciada que necessita de empenho e dedicação de formas diferentes à da prática.

No entanto, não se deve atribuir toda a culpa aos estudantes, pois foram detectadas algumas falhas que estão ligadas à falta de um acompanhamento mais próximo pela docente. No sentido de que durante a realização das pesquisas ofereça um maior suporte pedagógico, uma vez que esse tipo de atividade estimula a pesquisa e o conhecimento científico proporcionando um avanço na aprendizagem.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo a elaboração e aplicação de um Produto Educacional que trata de uma Proposta Didática, com o uso de mapas conceituais para diagnosticar e avaliar, leituras, pesquisas, apresentações de determinados assuntos, vídeos e práticas experimentais, em que o tema principal foi Luz e Cor.

O desenvolvimento da PD está baseado na Teoria de Aprendizagem de Ausubel, contemplando os conhecimentos prévios dos estudantes os quais são intitulados subsunçores, que neste caso os conteúdos adotados como subsunçores foram: Luz e Cor.

A escolha de se desenvolver um produto educacional, voltado para o 2º ano do curso Técnico de Química Integrado, deu-se pelo fato da autora desta dissertação, estar como docente há dois anos consecutivos nessa turma. Esse foi um fator predominante para a escolha, pois, segundo Ausubel, é de extrema importância o bom conhecimento dos alunos e a partir de então ensiná-los de acordo e também por ser um curso técnico em Química em que o assunto do trabalho tem ligação direta com a Química.

Durante todo o processo de aplicação os alunos apresentaram várias dificuldades de aprendizagem em : interpretação, matemática básica, notação (unidades de medidas utilizadas na Física). E, quando foi proposta uma atividade que exige deles de forma diferente da normal, eles simplesmente reclamaram.

Por ser um curso Técnico Integrado ao Ensino Médio esses alunos só tem a componente curricular de Física nos primeiros dois anos, ou seja, o conteúdo é trabalhado de forma resumida e muitos conteúdos nem são trabalhados, como é o caso do eletromagnetismo. Sendo assim, deve se considerar esses fatores como obstáculo no processo de ensino aprendizagem, uma vez que a proposta didática necessitaria de um tempo maior para explicar certos conteúdos.

No que se refere à verificação dos conhecimentos prévios dos alunos, realizado de forma diagnóstica por meio dos mapas conceituais e respostas as perguntas, foram observadas ideias-âncora pertinentes, que orientaram as ações posteriores da investigação.

Mesmo sendo encontradas dificuldades em expor seus conhecimentos e organizá-los por meio de mapas conceituais, a forma com que os mapas foram construídos esclareceu a maioria das dúvidas e minimizou tais dificuldades.

Ao longo da aplicação da proposta, verificou-se o desenvolvimento conceitual e o progresso dos alunos nas novas respostas dadas e na elaboração do segundo mapa conceitual.

A interdisciplinaridade se destacou como forma de mostrar as relações do tema com outras componentes curriculares, pois nesta proposta ficou evidente a interdisciplinaridade com a Biologia, mas pode - se também fazer ligações com Filosofia, Arte e Geografia.

As atividades experimentais, vídeos e discussões contribuíram significativamente para a compreensão e para a contextualização de conceitos, porém notou-se uma falta de interesse ou predisposição para aprender, o que prejudicou a assimilação de vários conceitos.

Mesmo com todos os problemas encontrados acredita-se ainda que a proposta contribuiu para uma Aprendizagem Significativa. Que a partir dos resultados analisados a proposta didática foi considerada exitosa e que o material didático desenvolvido neste trabalho pode ser considerado um material potencialmente significativo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, Fábio. Newton e o Prisma. **Teoria da Conspiração**. 14 de set. de 2013. Disponível em: <<https://www.deldebbio.com.br/newton-e-o-prisma>>. Acesso em: 09 abr.2019.

AUSUBEL, David Paul. **The psychology of meaningful verbal learning**. New York, Grune and Stratton, 1963.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D. e HANESIAN, H. **Psicologia educacional**. Tradução para português, de Eva Nick et al., da segunda edição de Educational Psychology: A cognitive view. Rio de Janeiro, interamericana, 1980.

_____; **Psicología educativa: un punto de vistacognoscitivo**. México, DF: Trillas. Traducción de la segunda edición de Educational psychology: A cognitive view, 1983.

BORGES e NICOLAU, **Os Fundamentos da Física**, Cursos do Blog – Eletricidade, 2015. Disponível em: <http://osfundamentosdafisica.blogspot.com/2015/10/cursos-do-blog-eletricidade_21.html>. Acesso em 12 fev. 2019.

ALVAREZ, Hebert. **Cores, luz, arco íris e visão**. 2013. (1m44s).Disponível em: <<https://youtu.be/hk8u1l39gvc>>. Acesso em: 10 fev. 2019.

BRASIL. Base Nacional Comum Curricular (BNCC). **Educação é a Base**. Brasília, MEC/CONSED/UNDIME, 2017. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_publicacao.pdf>. Acesso em: 23 jun. 2019.

BRASIL. Ministério da educação. **Pcn+ ensino médio: orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares nacionais para o ensino médio. Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. Brasília: ministério da educação/secretaria de educação média e tecnológica, 2002.

BRASIL. Ministério da educação. **Parâmetros curriculares nacionais para o ensino médio**. Brasília: ministério da educação/secretaria de educação média e tecnológica, 2000.

BERNADO, L. M.. **Histórias da Luz e das Cores** (Editora da Universidade do Porto 2005, 2007, 2010)

BERTOLAMI, O. **O Livro das Escolhas Cósmicas**. Editora Gradiva 2006.

BONADIMAN, H., NONENMACHER, S. E. B. O Gostar e o Aprender no Ensino de Física: Uma proposta Metodológica. In: **Caderno Brasileiro de Ensino de Física** –

SBF: Sociedade Brasileira de Ensino de Física. V. 24, n. 2, agosto de 2007 p. 194 – 223.

CAVELLUCCI, L. C. B. **Mapas conceituais: uma breve revisão**. Cefapro - Centro de pesquisa em óptica e fotônica, 2015. (6m08s). Disponível em: <<https://youtu.be/si-jgkeee0a>>. Acesso em: 12 mar. 2019.

_____ ; Cap. 3 – Tecnologia, **Mapas conceituais: uma breve revisão**, , 2009, disponível em: <http://www.virtual.ufc.br/cursouca/modulo_4_projetos/conteudo/unidade_3/MEC_eixo3-texto-MapasConceituais-UmaBreveRevis_o.pdf>. Acesso em 12 mar. 2019.

Cienciabit: **Ciencia y Tecnología. Una Dinamo a partir de un Motor Eléctrico**. Proyecto de Ciências. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=ZmAW9zyc_3s>. 2016. (7m29s). Acesso em: 09 abr. 2019.

CHERMAN, A. **Sobre ombros de gigantes: uma história da física**. Rio de Janeiro. Ed. Jorge Zahar, 2004.

CREASE, R. P. **Os dez mais belos experimentos científicos**. Tradução, Maria I-nês Duque Estrada. Rio de Janeiro Ed. Jorge Zahar, 2006.

DEMO, P. **Educar Pela Pesquisa**. 8 ed. Campinas: Autores Associados, 2007.

_____ ; **Desafios modernos da educação**. 12. ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2002.

DESTRI, G. **Fotorrecepção: Cones e bastonetes**. 2017. (4m41s). Disponível em: <https://youtu.be/s_dsd0ffgi>. Acesso em: 10 fev. 2019.

DIAS, R. M. S. L.. **Efeito do comprimento de onda e da intensidade da luz sobre o ritmo circadiano de atividade motora em saguis**. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/22050/1/RosaneMariaSimonLampertDias_TESE_unprotected.pdf>. Acesso em: 11 jun. 2019.

BRASIL. **Diretrizes curriculares nacionais para o ensino médio**. Resolução ceb nº 3 de 26 de junho de 1998. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/res0398.pdf>>. Acesso em: 06 mar. 2019.

SLIDESHARE. **Espectroscopia do infravermelho**. 9 de jun. de 2014 Disponível em: <<https://pt.slideshare.net/MssJuh/espectroscopia-35638026>>. Acesso em: 11 abr. 2019.

Espectroscopia. Bloco VIII - **espectroscopia - aluno – USP**, 20 de dez. de 2005. Disponível em: <<https://sites.usp.br/nupic/wpcontent/uploads/sites/293/2016/05/aluno-Bloco-VIII-Espectroscopia.pdf>>. Acesso em: 23 abr. 2019.

FAZENDA, I. C. A. (org.) (1979). **Integração e interdisciplinaridade no ensino brasileiro: efetividade ou ideologia**. 6. Ed. São Paulo: Loyola, 2011.

FERREIRA, M. Campo elétrico. **Revista de ciência elementar**. 2014. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/document/376125325/Campo-Eletrico>>. Acesso em: 13 jun. 2019.

FEYNMAN, R. P.; LEIGHTON, R. S.; SANDS, M.. **Lições de Física**. Ed. Definitiva. Porto alegre: Bookman, 2008. V. 2. Reimpressão 2009.

FIGUEIREDO, A. e PIETROCOLA, M. **Física um outro lado – luz e cores**. Editora FTD. São Paulo, 2000.

FONTANA, E., **Eletromagnetismo - PARTE 1 - Cap. 5**, Edição 01.2011, Disponível em: <<http://lsi.fotonica.ufpe.br/fontana/Eletromagnetismo1/EletromagnetismoWebPart01/mag1cap5.htm>> . Acesso em: 13 de jun. 2019.

FONTES, A. **Experiência da cor – luz**. 2015. (0m52s). Disponível em: <<https://youtu.be/hrbkng5eie>>. Acesso em: 10 de fev. de 2019.

FREIRE, P. **Educação como prática da liberdade**. 23ª ed. Rio de Janeiro.

GASPARIN, J. L. **Uma didática para a pedagogia histórico-crítica**. Campinas, 2002.

GARDELLI, D. **Concepções de interação física: subsídios para uma Abordagem histórica do assunto no ensino médio**. 119 p. Dissertação de mestrado em ensino de ciências – modalidade física, Instituto de física. São Paulo: USP, 2004.

GILBERT, A. **Origens históricas da física moderna: introdução abreviada**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1982.

GIRARDI, G. **Porque o céu é azul. Super interessante**. 31 de mai. de 2008. Disponível em: <<https://super.abril.com.br/ciencia/por-que-o-ceu-e-azul/>>. Acesso em: 08 abr. 2019.

GUIMARÃES, S. E. R. **Motivação intrínseca, extrínseca e o uso de recompensas em sala de aula**. (2001). In E. Boruchovitch & J. A. Bzuneck (Org.). A motivação do aluno: Contribuições da Psicologia Contemporânea. Petrópolis, RJ: Vozes.

HALLIDAY, D. E, RESNICK, R. **Fundamentos de física: Eletromagnetismo**. V. 3. Trad. Biasi. Ronaldo Sérgio. Rio de Janeiro: LTC editora, 2016.

HEWITT, P. G. **Fundamentos de física conceitual**; Tradução Trieste Ricci. Porto Alegre: Bookman, 2009.

JAPIASSU, H. **Interdisciplinaridade e patologia do saber**. Rio de Janeiro. Ed. Imago, 1976.

KRAPAS, S.; QUEIROZ, G. R. P. C.; UZÊDA, D. **O tratado sobre a luz de Huygens: comentários**. Caderno brasileiro de ensino de física, Rio de Janeiro, v.28, n. 1, p. 123-151, abr. 2011.
Disponível em: <<http://www.periodicos.ufsc.br/pdf>>. Acesso em: 08 jan. 2019.

Khan Academy. **Luz e do éter luminoso | A relatividade especial | Física | 2016**. (8m41s). Disponível em:<<https://youtu.be/gLGnOP6KFjE>>. Acesso em: 12 mar. 2019.

LAKATOS, E. M. **Metodologia do trabalho científico**. São Paulo: Atlas, 2002.

Quer que desenhe. **Quer que desenhe? Ondas e Éter**. 2014. (5m27s). Disponível em: <<https://youtu.be/vFAMkaVWiAU>>. Acesso em: 12 mar. 2019.

KRAISIG, A. R. **A temática “cores” no ensino de química**. 01 de jul. de 2016. Disponível em:<<https://repositorio.ufsm.br/handle/1/6703>>. Acesso em: 10 jun. 2019.

MARQUES, D. **Construindo o experimento de Oersted**. Brasil Escola UOL. Disponível em:<<https://educador.brasilescola.uol.com.br/estrategias-ensino/construindo-experimento-oersted.htm>>. Acesso em: 03 mar. 2019.

MASINI, E. S.; MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa: condições para ocorrência e lacunas que levam a comprometimentos**. São Paulo: Vetor Editor, 2008.

MOREIRA, M. A. **Mapas conceituais como instrumentos para promover a diferenciação conceitual progressiva e a reconciliação integrativa**. Ciência e Cultura, 32(4): 474-479, 1980.

_____.; **Aprendizagem significativa**. Brasília: Editora da UnB. Moreira, M.A. (2011a). Aprendizagem significativa: a teoria e texto complementares. São Paulo: Editora Livraria da Física, 1999.

_____.; **Aprendizagem significativa em mapas conceituais**. Textos de apoio ao professor de física V.27 N. 06, 2013 Instituto de Física – UFRGS, 2013.

_____.; **Mapas conceituais e aprendizagem significativa**. Instituto de Física – UFRGS. OLIVEIRA, F. F.; VIANA, D. M.; GERBASSE, R. S. Física Moderna no Ensino Médio: o que dizem os professores. Revista Brasileira de Ensino de Física. V. 29, n. 3, p. 447 – 454, 2007.

MOREIRA, M. A.; MASINI, e. F. S. **Aprendizagem significativa – a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Centauro, 2001.

MOREIRA, M. A. **Teorias de aprendizagem**. 3. Ed. São Paulo: editora pedagógica e universitária, 2009.

_____; **Subsídios teóricos para o professor pesquisador em ensino de ciências: Comportamentalismo, Construtivismo e Humanismo**. Porto Alegre, 2009b.

_____; **Uma abordagem cognitivista ao ensino da Física**. Porto Alegre: Editora de Universidade, 1983.

_____.: **“Aprendizagem significativa: um conceito subjacente”**. In: encontro internacional sobre aprendizagem significativa, 1997, burgos, Espanha. Actas. Burgos: enas, 1997.

MEDEIROS, J. P.; ROSA, E. A. **Plástico: um tema gerador para o ensino de polímeros**, 2009. Disponível em: <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes_pde/2009_unicentro_quimica_md_jaqueline_pavelegini_de_medeiros.pd> Acesso em: 20 set. 2019.

MEIRA, S. S.. **Aprendizagem significativa e assimilação obliteradora: um estudo com conceitos de cálculo**. 165 f. Tese (Doutorado em Educação) - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2015.

Ministério da educação. **Base nacional comum curricular**. Brasília: MEC, 2016. Disponível em: <<http://basenacionalcomum.mec.gov.br/documentos/bncc2versao.revista.pdf>>. Acesso em: 03 abr. 2019.

MOLLON, J. **The origins of modern color science**. In s. Shevell (ed.), the science of color. (pp. 1-39). Oxford: optical society of américa. 2003.

Mundo Nonato. **Decomposição da luz, teoria das cores e a cor de um corpo**. 2014. (8m26s). Disponível em: <<https://youtu.be/45f5va6sh08>>. Acesso em: 10 fev. 2019.

NOVAK, J.D. e GOWIN, D.B. **Aprender a aprender**. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 1996.

NOVAK, J. D. Uma teoria de educação, In. CAVELLUCI, Mapas conceituais: uma breve revisão, 2009. Disponível em: <http://www.virtual.ufc.br/cursouca/modulo_4_projetos/conteudo/unidade_3/MEC_eix03-texto-MapasConceituais-UmaBreveRevis_o.pdf>. Acesso em: 12 mar. 2019.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física Básica**. São Paulo: Editora Blucher, vol. 4, 1ª ed., 1998.

OKUNO, E.; VILELLA, M.A.C. **Radiação ultravioleta: características e efeitos**. Editora livraria da física, São Paulo, 79p., 2005.

PENHA, S. P. **A Física e a Sociedade na TV**. 2006. 89 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ensino de Ciências e Matemática, CEFET-RJ, Rio de Janeiro, 2006.

PREZI. **Radiações do espectro eletromagnético e as suas aplicações tecnológicas**. Disponível em: <<https://prezi.com/x7tuv4iwslgl/radiacoes-do-espectro-eletromagnetico-e-assuas-aplicacoes-tecnologicas/>>. Acesso em: 09 abr. 2019.

REITZ, J. R. ; MILFORD, R.,CHRISTY R.. **Fundamentos da Teoria Eletromagnética**. Tradução de: Renê Balduino Sander, Carlos Duarte. Rio de Janeiro: Editora campus, p.39-41,1991.

RIBEIRO, A. R. COELHO, L. BERTOLAMI, O. e RICARDO A.. **Luz: História, Natureza e Aplicações**. Disponível em: <<https://www.spf.pt/magazines/GFIS/119/article/982/pdf>>. Acesso em: 15 fev. 2018.

SANTOMÉ, J. T. **Globalização e interdisciplinaridade: o currículo integrado**. Porto alegre: Artmed, 1998.

Secretaria de educação média e tecnológica. **Parâmetros curriculares nacionais: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. Parte iii. Brasília: MEC, 2000b. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>>. Acesso em: 06 mar. 2019.

Secretaria de educação média e tecnológica. **Parâmetros curriculares nacionais: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. Orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares nacionais. Brasília: MEC, 2002. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/cienciasnatureza.pdf>>. Acesso em: 06 mar. 2019.

SCHMIEDECKE, W.G.; SILVA, M.P.C.; SILVA, W.M. **A história da ciência na composição de sequências didáticas: possibilidades trabalhadas em um curso de licenciatura em física**. In: XIX Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF. Anais. Manaus, AM, 2011. p. 1-10. Disponível em:Acesso em: 10 de jul. de 2018.

SILVA, C. C. **A teoria das cores de Newton: um estudo crítico do livro i do *opticks***. 1996. 141 p. Dissertação (mestrado em física) – instituto de física, universidade estadual de campinas, campinas, 1996. Disponível em: <<http://www.ghtc.usp.brservertesescibelle-celestino-silva-ms.pdf>>. Acesso em: 09 jan. 2019.

SILVA, O. H. M. **A construção do conceito de campo elétrico: da ciência Física à física escolar**. Dissertação (mestrado em Educação) - pós-graduação em educação, setor de educação, universidade Federal do Paraná, Curitiba, 175 p.2006.

SILVA, da S. de C. R. e SHIRLO, A. C.. **Teoria da aprendizagem significativa de Ausubel: reflexões para o ensino de Ciências frente às novas realidades da sociedade.** 2014. Disponível em: <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ImagensEduc/article/view/22694/0>>. Acesso em: 10 mar. 2018.

THENÓRIO, I.; FULFARO, M.. Manual do mundo. **Led, fluorescente ou halógena?** (teste de lâmpadas). 2015. (17m10s). Disponível em: <<https://youtu.be/qtsycq-u3j0>>. Acesso em: 12 mar. 2019.

THENÓRIO, I.; FULFARO, M. Manual do Mundo. **Como fazer arco íris caseiro com vela e DVD.** Disponível em: <<https://youtu.be/-e9crnQEA78>>. 2013. (4m48s). Acesso em: 03 mar. 2019.

THENÓRIO, I.; FULFARO, M. Manual do Mundo. **A luz que faz curva na água.** Disponível em: <<https://youtu.be/F69tWoZa4ic>>. 2012.(4m43s). Acesso em: 03 mar. 2019.

TIPLER, P. A. **Física – eletricidade e magnetismo, óptica.** Trad. Macedo, h. E Biasi, R de., v. 2. Rio de Janeiro: Itc editora, 2000.

TORRES, C. M. A. ... (et. Al). **Física: ciência e tecnologia- 3 eletromagnetismo, física moderna.** 3ª ed. São Paulo: moderna, 2013.

University, 1977. 252 p. Novak, J. D. **Aprender, criar e utilizar o conhecimento. Mapas conceituais como ferramentas de facilitação nas escolas e empresas.** Lisboa, plátano edições técnicas, 2000.

VIGOTSKY, L.. **A formação social da mente.** São Paulo: Martins Fontes, 1998.

ZEMANSKY, S.; FREEDMAN, Y. E. **Física III - Eletromagnetismo,** Editora Pearson Addisson Wesley, 2009, 12. ed. São Paulo, SP.

Apêndice I – Produto Educacional

Este apêndice contém o PE em separado, para que os interessados possam aplicar o mesmo. Ressaltando que o texto reproduz em sua maior parte do conteúdo já exposto na dissertação.



PRODUTO EDUCACIONAL
LUZ E COR - UMA PROPOSTA DIDÁTICA INTERDISCIPLINAR

FABIANA CRISTINA CAETANO

MARINGÁ-PR
Fevereiro-2020

PRODUTO EDUCACIONAL
LUZ E COR - UMA PROPOSTA DIDÁTICA INTERDISCIPLINAR

FABIANA CRISTINA CAETANO

Este Produto Educacional compõe o trabalho de Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Estadual de Maringá como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Shalimar Calegari Zanatta

MARINGÁ-PR
Fevereiro –2020

CARTA AO LEITOR

Caro Leitor...

Diante as dificuldades encontradas por nós professores na sala de aula no que diz respeito ao Ensino de Física e a elaboração de várias metodologias que sejam motivadoras e atrativas, onde essas metodologias devem promover uma aprendizagem significativa e com excelência.

Salientamos, neste Produto Educacional, a importância de atividades práticas com materiais de baixo custo, incentivo a leitura e pesquisa com o objetivo de desenvolver os conceitos físicos sobre Luz e Cor e sua relação com outras áreas do conhecimento.

A satisfação de todo professor é que seus alunos aprendam de maneira significativa, e a elaboração desse material mostrou que é possível desenvolver metodologias potencialmente significativas.

O Produto Educacional traz um texto de apoio, que têm como objetivos: diagnosticar, avaliar e também como organizador prévio.

Todo processo de elaboração, aplicação e desenvolvimento deste Produto Educacional fazem parte das condições para a realização do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física que proporcionou muito conhecimento, sendo de primordial importância para o nosso crescimento profissional e pessoal.

Este material estará disponível para download na página do MN-PEF/DFI/UEM (<http://www.dfi.uem.br/dfimestrado/?q=node/60>) e pode ser adaptado pelo docente interessado de acordo com a realidade de cada série.

Maringá, fevereiro de 2020.

A Autora.

SUMÁRIO

CARTA AO LEITOR.....	103
1. PROPOSTA DIDÁTICA.....	105
2. APLICAÇÃO DA PROPOSTA DIDÁTICA	109
3. AVALIAÇÃO.....	130
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	130
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	131
APÊNDICE A Registro das atividades realizadas pelos estudantes.....	133

1. PROPOSTA DIDÁTICA

Este trabalho descreve o Produto Educacional, doravante representado por PE, como parte integrante do Mestrado Nacional Profissional do Ensino de Física, conhecido abreviadamente por MNPEF da Universidade Estadual de Maringá – UEM.

Trata-se de uma proposta didática que valoriza a interdisciplinaridade entre os conteúdos de Ciências, principalmente de Física e Biologia. O tema escolhido “LUZ E COR - UMA PROPOSTA DIDÁTICA INTERDISCIPLINAR” se justifica pelo seu caráter motivacional que, de acordo com a Teoria de Aprendizagem Significativa de David Ausubel, uma das referências teóricas para este trabalho, é um parâmetro relevante para a aprendizagem dos conceitos envolvidos.

A teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel é uma teoria cognitivista de aprendizagem que valoriza o papel do professor enquanto agente mediador do conhecimento. No entanto, nessa teoria, o professor deve valorizar o conhecimento prévio do aluno para que o novo conhecimento seja ancorado na sua estrutura cognitiva e assim ser transformado e ampliado.

Assim, cabe ao professor, diagnosticar e organizar uma sequência lógica de conceitos que leve o aluno a compreensão dos conceitos envolvidos. De acordo com Novak (1996), a estratégia de diagnóstico dos subsunçores (conhecimento prévio do aluno) pode ser obtida pela construção de um Mapa Conceitual e depois que a proposta didática foi aplicada, o professor pode repetir a metodologia para averiguar quais foram as ligações que os alunos fizeram entre seus conhecimentos prévios e os recém-estudados.

Outro aspecto relevante para a teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel é que o professor deve, primeiramente, mostrar todos os conceitos envolvidos antes de fragmentá-lo.

O Quadro 01 elenca todos os conteúdos que foram trabalhados nesta proposta. Reconhecemos que outros conteúdos poderiam ser trabalhados, no entanto, escolhemos os mais representativos.

QUADRO 01 – Tópicos dos conteúdos abordados. **Fonte:** a autora.

Conteúdos	Temas trabalhados
ONDAS ELETROMAGNÉTICAS	Campo magnético
	Campo elétrico
	Propriedades físicas: Comprimento, frequência, energia, polarização, interação com a matéria.
MESCLA ADITIVA E MESCLA SUBTRATIVA	Cores primárias
	Mescla subtrativa
	Cor aparente dos objetos
	Corantes
O OLHO HUMANO	Cones
	Bastonetes

O Quadro 02 apresenta um resumo do plano de atividades desenvolvidas nesta proposta.

QUADRO 02 – Plano de atividades a ser desenvolvidas na aplicação do PE. **Fonte:** a autora.

TEMA: LUZ E COR – UMA PROPOSTA DIDÁTICA INTERDISCIPLINAR
METODOLOGIAS DIDÁTICAS: pesquisas, leituras, atividades experimentais, observações de fenômenos, apresentações de trabalho.
PÚBLICO ALVO: ESTUDANTES DO ENSINO MÉDIO
PERÍODO DE APLICAÇÃO E DURAÇÃO: 1º bimestre: 07/03/2019 a 26/04/2019
TEMPO DE EXECUÇÃO - 08 AULAS DE 50 MINUTOS CADA
CONTEÚDOS
a) OS CAMPOS MAGNÉTICOS E ELÉTRICOS; LINHAS DE FORÇA, FLUXO DE CAMPO MAGNÉTICO.
b) ONDAS ELETROMAGNÉTICAS: COMPRIMENTO, FREQUÊNCIA, ENERGIA;
c) CORES PRIMÁRIAS E SECUNDÁRIAS;
d) MESCLA ADITIVA E MESCLA SUBTRATIVA;
e) A COR APARENTE DOS OBJETOS;

f) OLHO HUMANO: CONES, BASTONETES.

OBJETIVO GERAL

- COMPREENDER O FENÔMENO, DO PONTO DE VISTA FÍSICO E BIOLÓGICO, PARA A FORMAÇÃO DA COR DE UM OBJETO.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- IDENTIFICAR A LUZ COMO ONDA ELETROMAGNÉTICA, CONSTITUÍDAS PELA OSCILAÇÃO DO CAMPO ELÉTRICO E MAGNÉTICO;
- PERCEBER A EXISTÊNCIA DE ONDAS ELETROMAGNÉTICAS INVISÍVEIS AOS OLHOS, CALOR, CORRENTE ELÉTRICA ALTERNADA, MICRO-ONDAS, ETC.
- DIFERENCIAR O COMPORTAMENTO DA ONDA ELETROMAGNÉTICA EM RELAÇÃO A COR QUE OS OLHOS PERCEBEM.
- DIFERENCIAR A COR LUZ DA COR PIGMENTO, IDENTIFICANDO SUAS CORES PRIMÁRIAS EM CADA UMA DESSAS MESCLAS.

AVALIAÇÃO

ELABORAÇÃO DE MAPAS CONCEITUAIS SOBRE OS CONCEITOS ENVOLVIDOS. SEMINÁRIOS, E IMPRESSÕES REGISTRADAS PELO(A) DOCENTE DA APLICAÇÃO EXPERIMENTAL.

É relevante mencionar que o texto de apoio: “O que é luz”, página 111, trabalhado em sala de aula, foi elaborado pela autora, no intuito de cumprir com os objetivos propostos neste trabalho.

Os conteúdos trazidos por alguns livros didáticos são sempre fragmentados e não revelam as relações entre as diferentes áreas do conhecimento e nem entre uma determinada área em específico. Estes temas são abordados em momentos diferentes sem que se estabeleçam as devidas correlações. Mostrar as possíveis relações entre os saberes é um desafio para o professor.

O Quadro 03 apresenta a ordem e as divisões de aplicação da proposta didática por aula. Essas atividades foram organizadas com o objetivo de abrir um “leque” de opções para que os alunos durante o processo de ensino aprendizagem tenham

oportunidades de adquirir novos conhecimentos de diversas formas (pesquisa, debate e prática) reorganizando assim seus conhecimentos.

QUADRO 03 – Ordem por aula para a aplicação do conteúdo e a metodologia utilizada da proposta didática. **Fonte:** a autora.

MOMENTO: 1ª AULA

CONTEÚDOS:

DIAGNÓSTICO DOS SUBSUNÇORES E CONHECIMENTOS PRÉVIOS SOBRE LUZ E COR;

VÍDEOS SOBRE O TEMA.

METODOLOGIA:

APRESENTAÇÃO DA PROPOSTA E EXPLICAÇÃO ORAL SOBRE MAPA CONCEITUAL

APRESENTAMOS ALGUNS QUESTIONAMENTOS PARA DIRECIONAR A ATENÇÃO AOS VÍDEOS APRESENTADOS:

[HTTPS://YOUTU.BE/HRBKNIG5EIE](https://youtu.be/HRBKNIG5EIE) (TEMPO DE DURAÇÃO = 0min:52s)

[HTTPS://YOUTU.BE/45F5VA6SH08](https://youtu.be/45F5VA6SH08) (TEMPO DE DURAÇÃO = 8min:27s)

[HTTPS://YOUTU.BE/S_DSDC0FFGI](https://youtu.be/S_DSDC0FFGI) (TEMPO DE DURAÇÃO = 4min:42s)

[HTTPS://YOUTU.BE/HK8U1L39GVC](https://youtu.be/HK8U1L39GVC) (TEMPO DE DURAÇÃO = 1min:46s)

Os alunos foram distribuídos em grupos para que cada um conduzisse uma pesquisa num tema pré-determinado.

MOMENTO: 2ª E 3ª AULAS

CONTEÚDO: ONDAS ELETROMAGNÉTICAS

METODOLOGIA: LEITURA DO TEXTO: O QUE É LUZ?

DEBATE SOBRE O TEXTO.

MOMENTO: 4ª E 5ª AULAS

CONTEÚDO: APRESENTAÇÕES DAS PESQUISAS REALIZADAS PELOS ESTUDANTES.

TEMAS:

1-OLHO HUMANO: CONES, BASTONETES;

2-PRISMA DE NEWTON;

3- POR QUE O CÉU É AZUL?

4-ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO;

5- INFRAVERMELHO;

6- ESPECTROSCOPIA;

METODOLOGIA:

TEXTOS PESQUISADOS NA *INTERNET*, LIVROS DIDÁTICOS E PARADIDÁTICOS

APRESENTAÇÃO EM *SLIDES*

PRÁTICAS EXPERIMENTAIS

MOMENTO: 6ª E 7ª AULAS**CONTEÚDO:**

ARCO-ÍRIS COM VELA

ESPECTROSCÓPIO CASEIRO

TRAJETÓRIA DA LUZ

EXPERIMENTO DE OERSTED

INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA – LEI DE FARADAY

METODOLOGIA: ATIVIDADES EXPERIMENTAIS DEMONSTRATIVAS (PROFESSORA)**MOMENTO:** 8ª**CONTEÚDO:** MAPA CONCEITUAL**METODOLOGIA:** CONFECÇÃO DE UM MAPA CONCEITUAL INDIVIDUAL SOBRE LUZ E COR

2. APLICAÇÃO DA PROPOSTA DIDÁTICA

Esta seção foi dividida por momentos, como sugestão de aplicação da proposta didática em sala de aula.

1º momento – Aula 1 – Tempo: 50 minutos

Avaliando os conhecimentos prévios e problematizando o tema

Apresentar a Proposta Didática, os conteúdos envolvidos, os objetivos, o que seria um mapa conceitual e como eles podem ser feitos.

Os mapas conceituais devem ser confeccionados individualmente, os alunos devem ser instigados a responderem as três questões abaixo numa folha A4:

1. O que é luz?
2. Por que enxergamos?
3. O que é cor?

Para dar um suporte teórico para as possíveis respostas, sugere-se que os alunos assistam quatro vídeos, disponíveis nos seguintes endereços:

- <https://youtu.be/hrbkniq5eie> - Experiência da cor – luz
- <https://youtu.be/45f5va6sh08> - Decomposição da luz, teoria das cores e a cor de um corpo
- https://youtu.be/s_dsd0ffgi - Foto recepção - cones e bastonetes
- <https://youtu.be/hk8u1l39gvc> - Cores, luz, arco-íris e visão

Com duração total de 18 minutos e 46 segundos, esses vídeos abordam: formação das cores, visão, cones e bastonetes, formação das imagens e os ajuda a responder as questões apontadas.

No final, propõem-se que os estudantes se dividam em grupos, resultando em não maiores que 6 integrantes. Cada um dos grupos ficará responsável pela pesquisa de um dos temas elencados³:

- 1-Olho humano: cones, bastonetes;
- 2-Prisma de Newton;
- 3- Por que o céu é azul?
- 4-Espectro Eletromagnético;
- 5- Infravermelho;
- 6- Espectroscopia;

Para facilitar sugere-se criar um grupo no 'WhatsApp', para que os estudantes possam tirar suas dúvidas, enviar alguma curiosidade sobre o tema ou compartilhar os resultados das pesquisas. O objetivo principal dessa atividade é estimular o interesse pela pesquisa científica. Toda essa dinâmica de divisão de grupos, temas e orientações podem ser realizadas pelo grupo de 'WhatsApp'.

2º momento – Aulas 2 e 3 – Apresentação dos conceitos

Tempo: 100 minutos

³ O professor pode sugerir que os alunos escolham os temas, ou que ela mesma escolha outro que ache mais adequado.

Sugere-se utilizar o texto aqui proposto sobre o tema: O que é Luz?. Isto porque, nossos livros didáticos ou apostilas apresentam os temas de forma desconexa e fragmentada, dificultando que o aluno perceba que as teorias apresentam relações entre si e com os conceitos e os fenômenos observados.

Texto - O que é luz?

Introdução

É importante salientar que o conceito de corpúsculo, ou partícula, é completamente diferente do conceito de onda; uma partícula transporta matéria, uma onda não! Uma partícula pode se locomover no vácuo, as ondas mecânicas necessitam de um meio para se propagarem. A exemplo disto, temos as ondas sonoras que são longitudinais e se propagam no ar com velocidade de $340,9\text{m/s}$, quando a temperatura é de 25°C . Em sólidos, esta velocidade pode dobrar ou até triplicar. Na água, a velocidade do som é de 1.400m/s , como característica principal das ondas, elas podem atravessar ou desviar de obstáculos, quando menores que seu comprimento de onda. As partículas não apresentam esta propriedade de desviar-se.

Para a Física Clássica, a luz era constituída por partículas ou se comportava como ondas, uma coisa ou outra. Era impossível aceitar ambos os modelos, um descartava o outro.

O problema é que, com alguns ajustes, a luz podia ser explicada, tanto empregando o caráter ondulatório, quanto o caráter corpuscular. Desta forma, a natureza da luz foi a mais célebre discussão da ciência de todos os tempos.

Nenhum outro conceito despertou tantas questões polêmicas e desafiou por tanto tempo a humanidade.

Desenvolvimento Histórico

Para Empédocles (492-432) a luz era parte de um dos quatro elementos, o fogo, sem, contudo, se confundir com este. Ele acreditava que os corpos luminosos emitiam algo que encontrava os raios emanados dos olhos.

No âmbito das visões atomistas gregas, destacamos as ideias de Leucipo (480-420 a.C) e Demócrito (460-370 a.C), os quais entendiam a luz como sendo composta por átomos arredondados e velozes que se deslocavam no vazio. A visão dar-se-ia devido a um fluxo de partículas emanado dos objetos e assimilado pelos nossos olhos. Tanto Demócrito, como os atomistas da época, detinham um pensamento de percepção sensorial. Para eles, o ato de “ver” dependia tanto dos objetos (que deveriam emitir átomos), quanto dos nossos olhos, que deveriam formar a imagem.

Aristóteles (384-322 a.C) entendia que não havia os átomos, mas sim, uma substância, que preenchia todo o espaço – o éter. Ele foi um dos primeiros a tentar dar uma explicação não corpuscular para a natureza da luz. Ele criticou o modelo de visão atomista. Para ele, este modelo não explicava, por exemplo, o que aconteceria com a imagem dos objetos, quando elas se cruzassem no espaço. Ou como poderia caber a imagem de um grande objeto na pupila.

Pitágoras (582-500 a.C.) acreditava que a visão era causada, exclusivamente, por algo emitido pelo olho. O ato de enxergar estava nos olhos e não nos objetos. Para ele, eram os olhos que emitiam alguma espécie de “tentáculos” para se apropriar da luz.

Os árabes e os chineses também discutiram a natureza da luz. Foram os chineses que descobriram que poderiam utilizar espelhos côncavos como queimadores. O árabe Ibn Al-Haytham (965-1039), conhecido como Alhazen, fez diversas considerações acerca da natureza da luz. Para ele, a luz era emitida por uma força auto luminosa que constituía uma fonte primária, no entanto, a luz também poderia ser emitida por uma fonte secundária, caso das partículas de poeira que compõem um fecho de luz solar.

René Descartes (1596-1650) foi outro grande cientista que se interessou em desvendar a natureza da luz. Em seus estudos sobre a luz, Descartes afirmou que a luz seria o movimento dos glóbulos de “éter” propagados instantaneamente de um ponto a outro e que as cores estavam ligadas às diferentes velocidades em que os glóbulos de “éter” giravam, sendo que as partículas que rodavam mais rapidamente dariam a sensação de vermelho, as mais lentas produziam o azul e verde e as outras cores eram produzidas por rotações de velocidades intermediárias.

Christian Huygens (1629 – 1695) se destacou como um dos estudiosos que apoiavam a ideia de que a luz apresenta um comportamento ondulatório. Ele observou a dupla refração da calcita e afirmou que a luz tem “dois lados opostos”. Em 1690, Huygens publicou no “Tratado sobre a luz”, onde criou uma teoria para explicar a propagação da luz em linha reta, além de explicar os fenômenos da reflexão e refração. De acordo com esta teoria, cada partícula do “éter” transmite o seu movimento à partícula seguinte ao longo de uma reta que parte do ponto luminoso. O resultado é uma onda em torno de cada partícula e que a tem como centro.

Figura 1 – Desenho esquemático ilustrando o princípio de Huygens para a propagação da luz como onda.



Fonte: <https://www.if.ufrj.br/~bertu/fis2/ondas2/ondas2.html>.

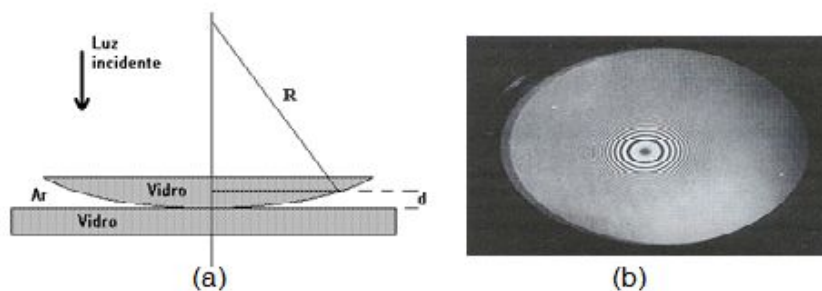
Enquanto Huygens foi um grande defensor da teoria ondulatória da luz, Newton (1643 – 1727) foi um grande opositor. Newton, assim como Descartes, defendia uma ideia mecanicista da luz. Na verdade, todos os conceitos físicos desta época eram interpretados utilizando as noções de força, velocidade e aceleração. No caso da luz, os fenômenos eram interpretados como alterações mecânicas do “éter”. O “éter” era o meio por onde se dava as forças de interação a distância como descrita por Newton para um universo mecânico

Por volta de 1666 quando ainda era estudante na Universidade de Cambridge, Newton escreveu um trabalho intitulado “Sobre as cores”, e, em seguida, 1675, “Hipótese da luz” e “Discurso das observações”. Esses trabalhos formam a essência do livro II do *Óptica*, publicado em 1704. Uma das teorias apresentadas é que as vibrações no “éter” se moveriam mais rapidamente do que os raios de luz.

Sendo assim, haveria lugares em que o “éter” estaria mais denso e, em outros, mais rarefeitos. Um raio de luz que encontrasse o trecho do “éter” mais rarefeito seria transmitido e o que encontrasse o trecho do éter mais denso seria refletido. Com estas ideias, Newton conseguiu explicar o fenômeno observado e cunhado como “anéis de Newton”. É importante salientar que, para Newton, a luz branca era a composição de todas as cores.

Os anéis de Newton são pequenos e múltiplos anéis multicoloridos que aparecem quando duas superfícies transparentes se sobrepõem e seu contato não é perfeito. O fenômeno é causado pela interferência entre as ondas incidentes, refletoras e refratadas na camada de ar variável existente entre as superfícies, que são utilizadas para obter os "anéis"— uma superfície esférica e uma superfície plana adjacente (Figuras 2 (a) e (b)).

Figura 2 - Ilustração dos anéis de Newton. Em (a) Superfície em que se observa os anéis de Newton e em (b) padrão observado para os anéis de Newton obtido pelo esquema representado em (a).



Fontes: (a) <<https://www.if.ufrgs.br/tex/fisica-4/convexglassonflatfringes.jpg>>. (b) <<https://1.bp.blogspot.com/lzDkGIH4E1E/VU9a6lyQvjl/AAAAAAAAAVg/MSuIAN4RQ7w/s1600/aneis.gif>>.

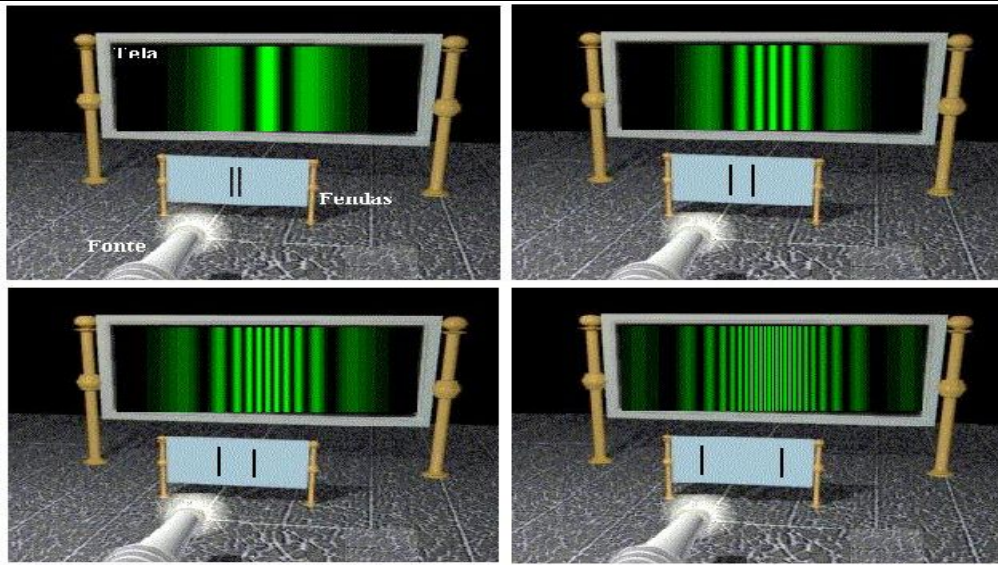
O fenômeno é aquele colorido observado em bolhas de sabão ou no óleo derramado sobre uma superfície.

Newton introduziu a ideia de que raios de cores diferentes variavam em “magnitude, força ou vigor”, e assim excitavam no éter vibrações de diferentes intensidades que, em certo momento, transmitiriam raios de uma determinada cor e, em outros, raios de outras cores. Através de relações matemáticas entre o raio de curvatura de uma das lentes e do diâmetro dos anéis, Newton chegou a especular sobre relações entre a espessura da camada de ar entre os prismas e a posição dos anéis.

A fama que Newton já havia conquistado deu ao seu modelo maior credibilidade. Ou seja, a luz era considerada como um conjunto de partículas que se deslocavam no éter com diferentes velocidades.

No entanto, sempre há quem questione os paradigmas! Thomas Young (1773-1829) questionou várias afirmações da teoria corpuscular de Newton e percebeu que era ineficiente para explicar alguns fenômenos como a interferência e a polarização. Young estudou os efeitos da luz quando esta atravessa duas fendas próximas uma da outra (Figura 3).

Figura 3 - Representação da Interferência de fenda dupla para vários valores de separação entre as fendas.



Fonte: <<https://www.misteriosdouniverso.net/2015/03/os-caminhos-da-luz-o-que-e-dualidade.html>>.

Diante do impasse, em 1819, a Academia de Ciências da França decidiu dar um prêmio para quem conseguisse uma teoria matemática coerente para explicar os fenômenos associados à luz e melhor definisse sua natureza.

Por ironia do destino, um prêmio foi dado a Étienne-Louis Malus (1775-1812) que utilizou a teoria corpuscular para explicar os fenômenos da reflexão da luz. E outro foi dado a Augustin Fresnel (1788-1827) – Figura 4 (a), que utilizou a teoria ondulatória da luz para explicar o fenômeno da difração.

No entanto, ocorreu um episódio interessante. Enquanto Fresnel apresentava sua teoria, o matemático Denis Poisson (1781-1840), partidário da teoria corpuscular, previu uma coisa absurda, prevista pela teoria de Fresnel. Caso esta teoria estivesse correta, um ponto brilhante deveria aparecer no centro da sombra projetada de um disco circular. A previsão foi de fato confirmada! Conforme ilustrado na Figura 4 (b).

Figura 4 – (a) Imagem de Fresnell e (b) ilustração da configuração da difração produzida por um disco.



Fonte: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Augustin_Jean_Fresnel/<https://pt.wikipedia.org/wiki/Difra%C3%A7%C3%A3o> />.

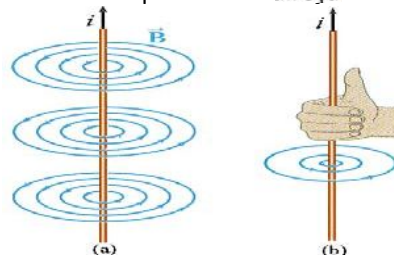
Este fato quase sepultou a teoria corpuscular da luz. Quase, porque aceitá-la exigiria dos cientistas aceitar o “éter” como uma substância com propriedades bem particulares. Além do fato de que o tal “éter” nunca havia sido detectado.

François Arago (1786-1853) observou um fato curioso: dois feixes refratados por calcitas, por exemplo, não interferia um com o outro. Arago noticiou o fato a Young que não tardou em presumir que, ao invés de longitudinais, as ondas da luz eram transversais. Diante do exposto, a teoria ondulatória realmente explicava melhor os fenômenos observados. Assim, faltava detectar a presença do éter no espaço e estudar suas propriedades.

Por outro lado, em 1820, Hans C. Oersted observou que o imã não era a única fonte de produção do fluxo de campo magnético (\vec{B}). Ele observou que se uma corrente contínua (nesta época só se conhecia a corrente contínua) atravessasse um fio paralelo a uma agulha de uma bússola esta sofreria deflexão. Mas se a agulha estivesse perpendicular ao fio nenhum efeito era observado.

A explicação foi dada considerando um campo magnético ao redor do fio por onde passa uma corrente elétrica. Podemos encontrar o campo magnético como ilustrado na Figura 5 (a).

Figura 5 - (a) Representação das linhas do campo magnético (\vec{B}) ao redor do fio por onde passa uma corrente elétrica (i). (b) Mostrando a regra da mão direita que indica a direção e sentido da corrente.



Fonte: <<https://educacao.uol.com.br/disciplinas/fisica/campo-magnetico---condutor-retilneo-aplicacoes-da-lei-de-ampere.htm>>.

A experiência mostra que o módulo do campo magnético \vec{B} criado ao redor do fio por onde passa uma corrente elétrica é dado pela equação:

$$B = \frac{\mu i}{2\pi R} . \quad (1)$$

Onde:

i : é a corrente elétrica

R : a distância do ponto P ao fio

M : é a grandeza física que caracteriza o meio no qual o fio condutor está imerso. Essa grandeza é chamada de **permeabilidade magnética do meio**. A unidade de μ , no SI, é T.m/A (Tesla x metro/Ampère). Para o vácuo, a permeabilidade magnética (μ_0) vale, por definição:

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A}$$

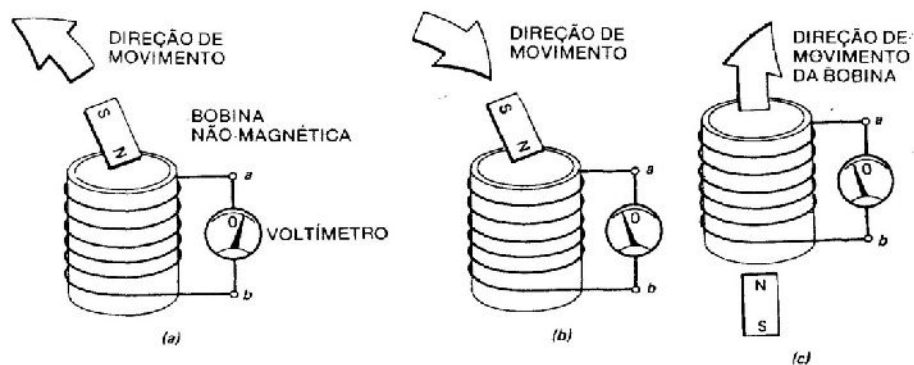
Devido ao princípio da superposição, o campo total é a soma do campo de cada elemento de corrente. Isto também significa que o valor do campo magnético produzido por um fio não interfere o campo magnético produzido por outro fio. Em casos de simetria na distribuição da corrente elétrica, o campo pode ser obtido utilizando a Equação (1) também denominada lei de Ampère.

Observe que a lei de Ampère é apenas um caso de simetria da lei de Oersted e, foram descritas para sistemas em repouso, ou seja, numa configuração estática.

Imagine um circuito constituído por uma fonte de tensão, uma chave liga/desliga e uma lâmpada. Quando a chave estiver ligada a lâmpada estará acesa devido a presença de uma corrente elétrica. Observa-se que se a chave for ligada e desligada várias vezes uma corrente elétrica será induzida num segundo circuito das proximidades.

De acordo com a descoberta de Oersted, o primeiro circuito funciona como um ímã, ou seja, existe uma analogia entre um ímã se movendo nas proximidades de uma bobina (onde se verifica a corrente induzida), conforme ilustrado nas Figuras 6 e, a variação produzida na corrente elétrica contínua (pela chave liga e desliga).

Figura 6 - Ilustração do movimento relativo entre a bobina e o ímã. Observe que há uma corrente indicada pelo voltímetro (multímetro na escala de medidas de tensão) para todos os casos onde há movimento relativo.



Fonte: <<http://ardif.blogspot.com/2014/02/o-que-e-lei-de-inducao-eletrica.html>>

Em 1831, Michel Faraday observou que uma corrente induzida poderia ser observada num circuito sem fonte de tensão de 3 modos diferentes:

i) Um circuito ligado (lâmpada e fonte de tensão) se movendo com relação a outro circuito (sem fonte de tensão), produz neste último uma corrente induzida;

ii) O circuito ligado (lâmpada e fonte de tensão) em repouso e um segundo circuito (sem fonte de tensão) se movendo com relação ao primeiro, será observado uma corrente induzida no circuito que se move;

iii) Mantendo os 2 circuitos em repouso, mas ligando e desligando a chave da fonte de tensão do primeiro circuito. A frequência com que se liga e desliga será a frequência de uma tensão alternada que promoverá uma corrente induzida no circuito sem fonte de tensão.

Diante destas observações Faraday, teve a perspicácia de compreender o que estaria variando em todos os casos e o definiu como fluxo do campo magnético Φ_B . Isto quer dizer que uma variação temporal do campo magnético produz uma tensão induzida que promove uma corrente elétrica cujo campo magnético associado se opõe ao campo que a criou. Estamos falando da corrente induzida.

James K Maxwell (1831 – 1879) estudou os resultados obtidos por Faraday juntamente com as equações de Ampère e as leis da eletrostática e, em 1861, concluiu que a lei de Ampère estaria incompleta. Ou seja, a lei de Ampère não era consistente com a simetria da natureza para campos oscilantes no tempo. Assim, Maxwell acrescentou um termo que considera que a variação temporal do campo elétrico também gera um campo magnético. Com este trabalho Maxwell previu a existência de ondas eletromagnéticas que podem viajar no espaço vazio.

Em 1888, Heinrich Rudolf Hertz apresentou resultados irrefutáveis ao Congresso da Sociedade Alemã, que comprovavam a existência das ondas eletromagnéticas. Assim, além de por fim na busca do “éter”, alguns conceitos estabelecidos pelos mecanicistas foram revistos. Principalmente a ação à distância.

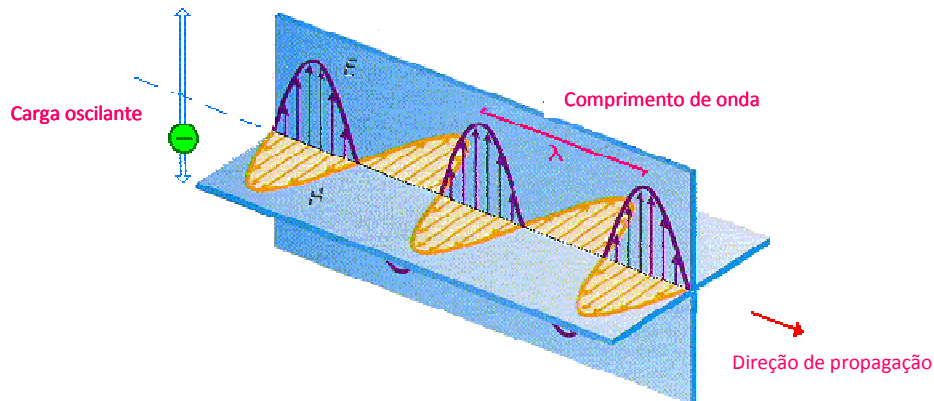
Diante destes resultados, o que seria a luz afinal? A onda eletromagnética de Hertz viaja no espaço com velocidade de propagação, aproximadamente igual a $3 \times 10^8 \text{ m/s}$. Este resultado foi incrível! Esta era a própria velocidade de propagação da luz!

Afinal, o enigma foi resolvido, a luz é uma onda eletromagnética. Ou seja, uma perturbação de campos oscilantes no tempo e que podem viajar no espaço vazio (vácuo).

Denominamos de equações de Maxwell, um conjunto de 4 equações que são capazes de ditar todos os fenômenos relativos ao eletromagnetismo que também passou a ser um ramo da óptica. Estas equações mostram que os raios X, as micro-ondas, a luz visível, as ondas de rádio, os raios gama e etc., são todas ondas eletromagnéticas com diferentes frequências e, conseqüentemente, dife-

rentes comprimentos de onda. A Figura 7 mostra o perfil esquemático de uma onda eletromagnética plano-polarizada e monocromática.

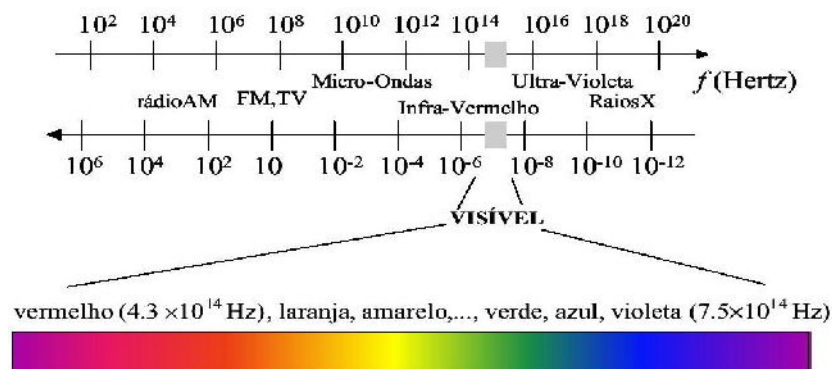
Figura 7 - Representação de uma onda eletromagnética plano-polarizada e monocromática.



Fonte: <<http://www.if.ufrgs.br/tex/fis01044/>>.

A Figura 8 mostra a faixa de freqüências de 10^2 a 10^{20} Hz e seus respectivos comprimentos de onda, denominado de espectro eletromagnético.

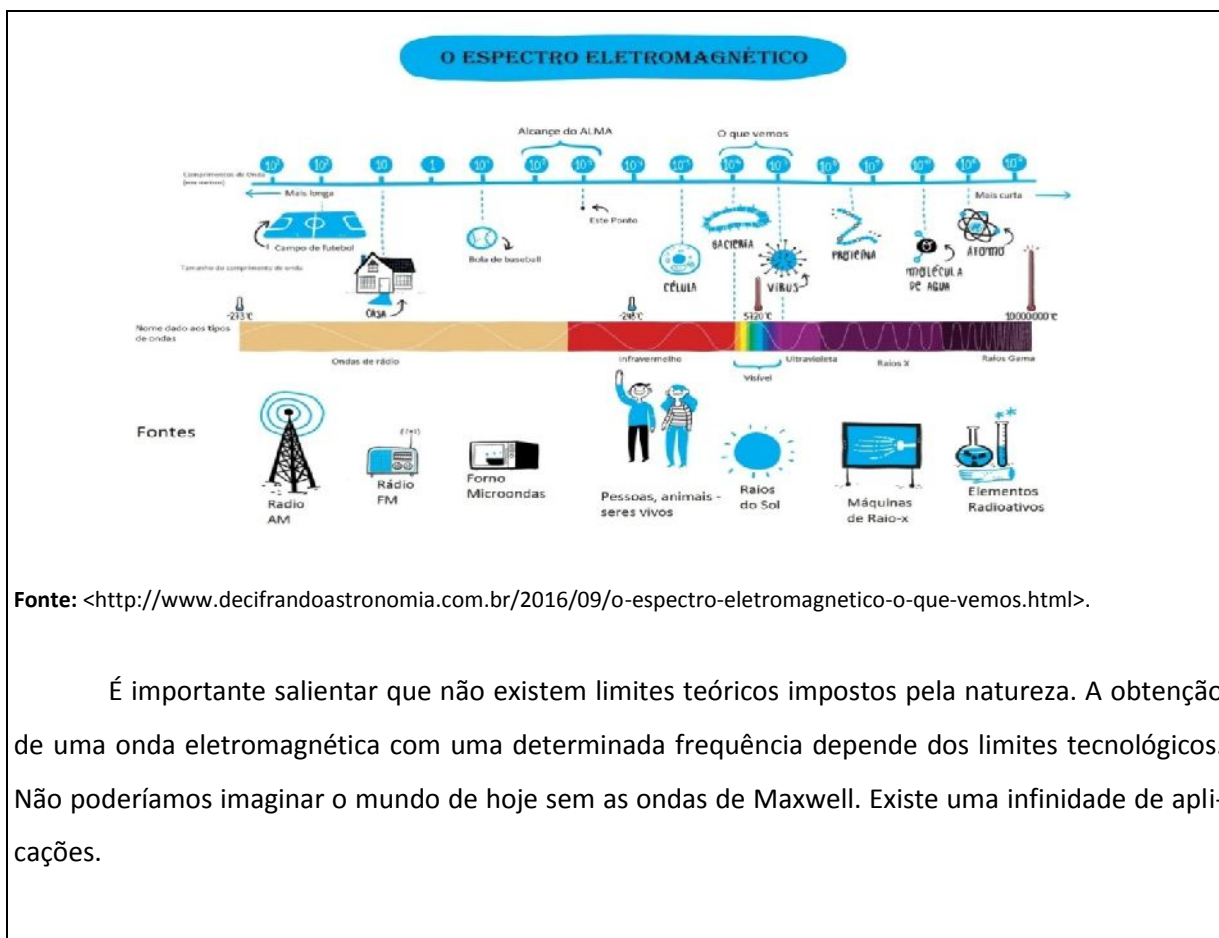
Figura 8 - Representação do Espectro eletromagnético, f (Hz) é a freqüência. Destacando a parte da luz visível e a sua decomposição.



Fonte: <<http://cienciaehumanidade.blogspot.com/2010/01/tipos-de-ondas-eletromagneticas.html>>.

A Figura 9 faz uma relação entre o tamanho dos objetos e o comprimento de onda relacionado com as ondas eletromagnéticas mais conhecidas.

Figura 9 - Ilustração da relação entre o tamanho dos objetos e o tamanho do comprimento de onda.



O referido texto foi elaborado para ser distribuído e lido na sala de aula pelos alunos que deverão assinalar os conceitos ou temas não compreendidos. Ao término da leitura, abrir um espaço para as discussões e comentários.

Após as discussões sobre as dúvidas e conceitos envolvidos, como forma de reforçar os temas abordados, os alunos são encaminhados para assistirem aos vídeos:

<<https://youtu.be/gLGnOP6KFjE>> - Luz e do éter luminoso

<<https://youtu.be/vFAMkaVWiAU>> - Ondas e éter

Com duração total de 14 min e 10 s estes vídeos têm como objetivo auxiliar na compreensão do conceito de “éter” daquele período. Já que num primeiro momento, os alunos podem interpretar o “éter” como a substância química conhecida atualmente.

3º Momento - Aulas 4 e 5 – apresentação das pesquisas

Tempo: 100 minutos - 2 aulas

Cada equipe deverá apresentar suas pesquisas utilizando textos, *slides* e experiências. Para que todos possam apresentar, estabeleça previamente o tempo em torno de 15 minutos para cada equipe.

No Apêndice A encontra-se registros de como decorreu a aplicação dessa atividade pela docente autora deste trabalho.

4º Momento - Aulas 7 e 8 – Atividades Experimentais

Tempo: 100 minutos – 2 aulas

Para reforçar alguns tópicos abordados sugere-se realizar algumas demonstrações experimentais de fácil acesso. Recomenda-se que esses experimentos sejam produzidos extraclasse, em virtude do tempo, que normalmente é limitado. Quanto aos materiais utilizados e a montagem experimental são simples e acessíveis.

Segue os endereços dos textos a ser utilizados, na forma de leitura e a descrição das práticas experimentais.

Atividade Experimental 1 - Espectroscópio Simples

Fonte do texto: <<https://sites.usp.br/nupic/wp-content/uploads/sites/293/2016/05/aluno-Bloco-VIII-Espectroscopia.pdf>> - Acesso em 23 abr. 2019.

➤ **Objetivo:** mostrar o espectro da luz visível e entender o efeito físico envolvido.

➤ **Materiais Utilizados:**

- fita isolante
- fita adesiva
- papel *color set* preto

- 1 CD⁴ ou DVD⁵
- cola
- régua
- estilete
- tesoura
- tubo papelão (ex.: tubo de papel higiênico)

➤ **Montagem Experimental:**

- Com o papel *color set*, construa um cilindro com aproximadamente 4 cm de diâmetro e de 7 a 10 cm de comprimento. Use um tubo de papelão (tubo de papel higiênico ou papel toalha) como base⁶.
- Faça duas tampas com abas para o cilindro (Figura 10 (a)), utilizando o papel preto. Em uma delas, use um estilete para recortar uma fenda fina (mais ou menos 2 cm x 1mm). Na outra tampa, faça uma abertura no centro (mais ou menos (1 x 1) cm²).
- Retire a película refletora do CD/DVD usando fita adesiva (grude-a na superfície e puxe-a rapidamente). Se necessário, faça um pequeno corte com a tesoura no CD/DVD para facilitar o início da remoção.
- Depois de retirada a película, recorte com a tesoura um pedaço do CD/DVD (mais ou menos (2 × 2) cm²). Utilize preferencialmente a parte mais próxima das bordas, pois as linhas de gravação (que não enxergamos) são mais paralelas, conseqüentemente a imagem será melhor. É importante fazer uma marcação no pedaço recortado do CD/DVD para não esquecer qual a orientação das linhas (em qual posição as linhas são paralelas).
- Fixe o pedaço recortado do CD/DVD na tampa com a abertura, usando a fita isolante apenas nas bordas⁷. (Figura 10 (b)). Preferencialmente, alinhe as linhas de gravação paralelamente à fenda do espectroscópio, assim as imagens que se

⁴ Recomenda-se pelos autores do texto original, não utilizar CDs doados com propaganda, com impressos;

⁵ No caso do DVD, deve-se fazer um pequeno corte com a tesoura, e separar os discos, utilizar a parte brilhante;

⁶ Este pode ser substituído por um tubo de PVC preto, ou uma caixa de creme dental, pois o formato não é importante, mas tenha o cuidado de revesti-la internamente com papel preto, ou pintar de preto.

⁷ Caso opte por usar cola, tenha cuidado para não sujar a superfície do CD. Nesse caso, fixe o pedaço de CD na parte interior do espectroscópio e aguarde o tempo necessário para a cola secar.

observa também estarão alinhadas com a fenda. Cole as tampas no cilindro, deixando a fenda alinhada com a abertura.

- Para evitar que a luz penetre no interior do tubo por eventuais frestas, vede com fita isolante os pontos de união entre o cilindro e as tampas.
- As Figuras (b) mostram o espectroscópio pronto.

Figura 10 – (a) Ilustração de como fazer a tampa com a fenda. (b) Imagem fotográfica do espectroscópio caseiro (b) lado da abertura com o cd, e (c) o lado da fenda.



(b)

Fonte: (a) <<https://sites.usp.br/nupic/wp-content/uploads/sites/293/2016/05/aluno-Bloco-VIII-Espectroscopia.pdf>>. (b) arquivos da autora.

➤ **Procedimento Experimental:**

- Escolha uma fonte de luz e observe através do espectroscópio. Para isso, olhe pela abertura em que está fixado o pedaço de CD/DVD e direcione a fenda para a fonte de luz. Não precisa chegar muito perto! Procure por uma posição de observação em que você visualize “cores” no interior do tubo. Essas cores são denominadas de **espectro**.

Atividade Experimental 2 - Arco-íris caseiro

Fonte: Manual do Mundo - Vídeo: < <https://youtu.be/-e9crnQEA78> > - Acesso em 03/03/2019

➤ **Objetivo:** obter e explicar o fenômeno de arco-íris por meio de um CD/DVD;

➤ **Materiais Utilizados:**

- CD ou DVD;

- Vela;
- Lâmpadas: incandescente, fluorescente e de LED (Opcionais);
- Extensão elétrica com soquete;
- Fósforo

➤ **Montagem Experimental:**

- Retire a película refletora do CD usando fita adesiva, se for DVD, faça um pequeno corte com uma tesoura separe as partes e retire a película com fita adesiva;
- Feche a circunferência localizada no centro do CD/DVD com a fita adesiva;

➤ **Procedimento Experimental:**

- Acenda a vela, desligue as luzes (o efeito fica melhor no escuro);
- Posicione o CD/DVD diante da vela e observe o efeito do arco-íris.
- Posicione as lâmpadas uma de cada vez conectadas no soquete e acesas, atrás do CD/DVD para visualizar a imagem (espectro);

Figura 11: Imagem fotográfica dos materiais do experimento caseiro sobre o arco-íris com vela e opcionais com lâmpadas.



Fonte: arquivos da autora.

Atividade Experimental 3- Trajetória da Luz

Fonte: Manual do mundo, < <https://youtu.be/F69tWoZa4ic> > - Acesso em [03/03/2019](#)

➤ **Objetivo:** observar a trajetória da luz e entender o efeito físico envolvido.

➤ **Materiais Utilizados:**

- 1 Garrafa pet de 2,5 l;
- Caneta Laser;
- Canudo;
- 1 ferro de solda ou um prego e alicate;
- Suporte de madeira;
- Bomba de água submersível;
- Mangueira;
- Balde (qualquer recipiente para colocar a bomba);
- Bacia (qualquer recipiente para a água que sai do canudo);
- Cola quente;
- Água uns 3 litros.

➤ **Montagem Experimental:**

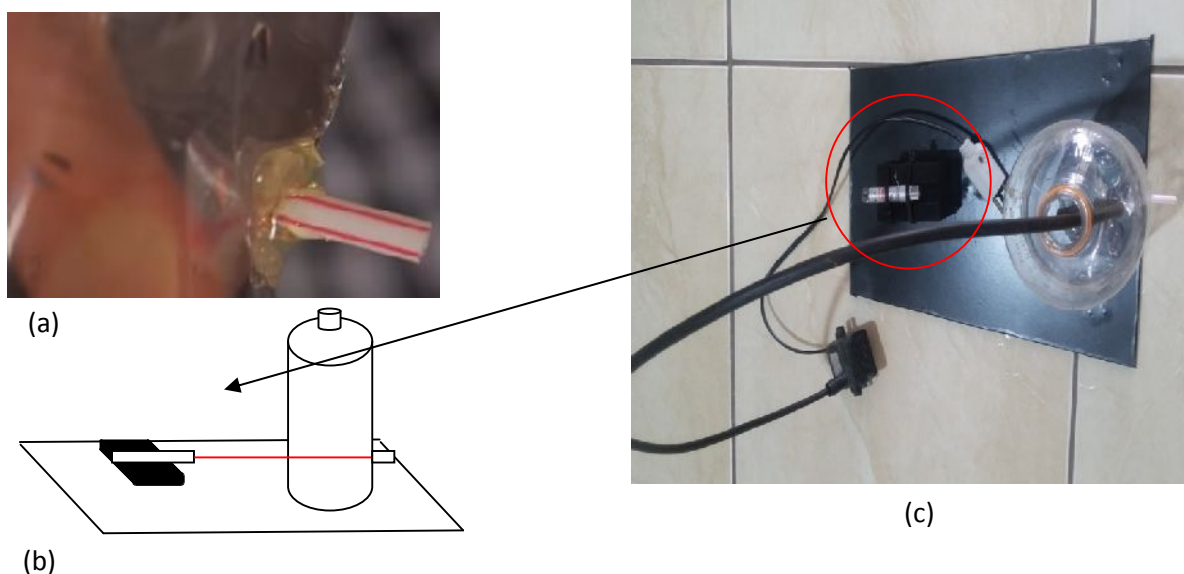
- Corte o canudo com mais ou menos 2,5 cm;
- Faça um furo da largura do canudo, com o ferro de solda ou aquecendo o prego em chama de fogo (segure o prego com o alicate), a uma altura de 10 cm acima da base da garrafa;
- Introduza o canudo no furo, deixando o canudo todo para fora e fixe o canudo com cola quente (Figura 12 (a));
- Providencie um apoio da altura do canudo, para colocar a caneta *laser* de maneira que a luz incida na garrafa passando por dentro do canudo (Figura 12 (b));
- Cole a garrafa e o apoio com a caneta laser na base de madeira;
- Coloque a bomba de água⁸ dentro do balde;

⁸ A bomba de água é opcional, se preferir feche a passagem de água do canudo, encha a garrafa com outro recipiente e libere a passagem com a caneta laser ligada.

- Faça a ligação da mangueira com a bomba e coloque a outra ponta da mangueira dentro da garrafa.

Na Figura 12 (c) está uma foto do aparato experimental pronto.

Figura 12 - (a) detalhe da fixação do canudo com cola quente; (b) desenho ilustrando a posição do apoio para a caneta laser em relação a posição do canudo na garrafa; (c) Imagem fotográfica do aparato experimental pronto para o experimento sobre a trajetória da Luz.



Fontes: (a) Manual do mundo < <https://youtu.be/F69tWoZa4ic>>; (b) a autora e (c) arquivos da autora.

➤ **Procedimento Experimental:**

- Coloque água dentro do balde que está com a bomba;
- Posicione o aparato experimental⁹, e o balde coletor de água na posição onde a água que sair da garrafa pelo canudo irá cair (faça um teste antes);
- Acenda a caneta laser e ligue a bomba;
- Observe o percurso da luz desde que sai da caneta laser;
- O efeito é melhor observado se em um ambiente escuro;
- Anote o observado e justifique fisicamente os efeitos observados.

Atividade Experimental 4 - Experimento de Oersted

Fonte: < <https://educador.brasilecola.uol.com.br/estrategias-ensino/construindo-experimento-oersted.htm>> - Acesso em 03/03/2019

⁹ Sugestão: Coloque o aparato sobre a mesa, e o balde coletor no chão.

➤ **Objetivo:** Reproduzir o experimento de Oersted e entender o efeito físico envolvido.

➤ **Materiais Utilizados:**

- Duas “pilhas grandes” de 1,5 V (Bateria tamanho D);
- Fio de cobre com 0,25 mm de diâmetro (sendo que o comprimento do utilizou-se 70 cm);
- 1 Bússola;
- 1 base de madeira;
- Fita isolante;

➤ **Procedimento Experimental:**

- Junte as pilhas (positivo com negativo) e fixe com a fita isolante;
- Fixe o conjunto pilhas e a bússola na base de madeira conforme Figura 13;
- Fixe com a fita isolante uma extremidade do fio de cobre na extremidade livre da pilha;
- Percorra o fio montando um retângulo (Figura 13);
- Corte um pedaço do fio, e fixe na extremidade livre da outra pilha;
- Mantenha as extremidades livres dos fios de forma que possa tocá-los para observar o efeito (circulado em vermelho na Figura 13). O ideal seria usar um interruptor.

Figura 13 - Imagem fotográfica do aparato experimental para o experimento de Oersted.



Fonte: arquivos da autora.

➤ **Procedimento Experimental:**

- Encoste um fio no outro (ou se usando um interruptor coloque na posição liga), e observe o que acontece com os ponteiros da bússola;
- Anote os fatos observados e justifique (discutam) fisicamente.

Atividade Experimental 5 – Princípio da Indução eletromagnética

Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=ZmAW9zyc_3s> - Acesso em 09/04/2019.

➤ **Objetivo:**

- Mostrar o princípio de funcionamento de um motor e entender o efeito físico envolvido.

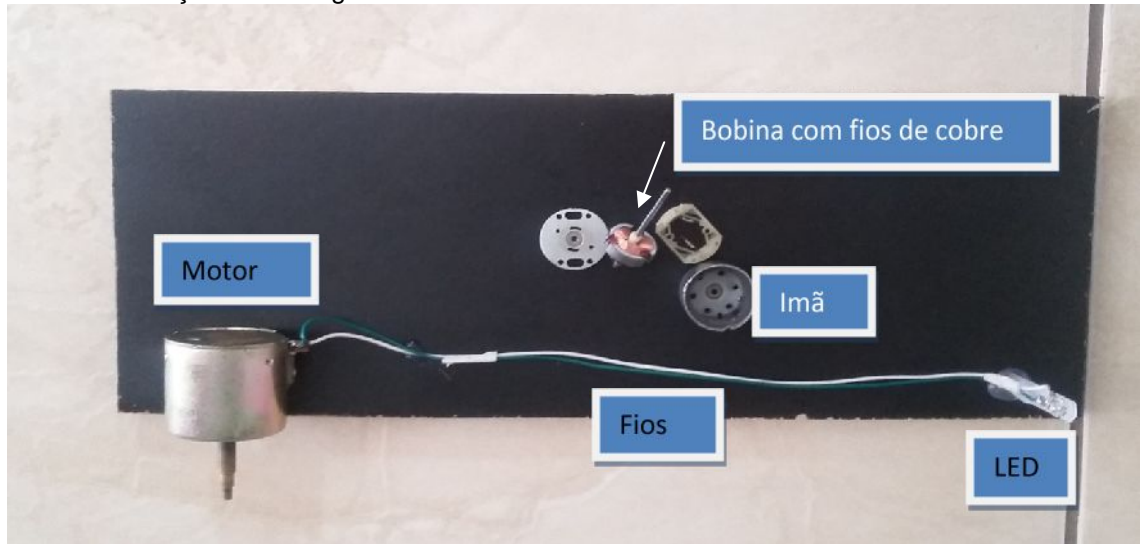
➤ **Materiais Utilizados:**

- LED de 5 mm;
- 1 Micro motor de 12 V;
- Suporte de madeira;
- Dois fios de espessura 0,25 mm com comprimento de 40 cm cada (comprimento do fio depende do comprimento do suporte de madeira);

➤ **Montagem Experimental:**

- Fixe o motor e o LED no suporte de madeira (Figura 14);
- Faça a ligação com os fios;

Figura 14 - Imagem fotográfica do motor desmontado e suas partes, e do aparato experimental para o experimento da indução eletromagnética.



Fonte: arquivos da autora.

➤ Procedimento Experimental:

- Gire o eixo do motor no sentido anti-horário;
- Veja o que ocorre com o LED;
- Mostrar que dentro do motor contém uma parte com uma bobina de cobre e outra revestida por um ímã;
- Explique com o que observou como funciona o motor.

5º Momento - Aula 8 – Diagnosticando o conhecimento adquirido

Tempo: 50 minutos – 1 aula

Conforme já apontado, de acordo com a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, os alunos devem mostrar como os novos conceitos se relacionaram com sua estrutura cognitiva pré-existente. Convidar os alunos a fazer um mapa conceitual e responder as perguntas da aula 1 novamente, para efeitos de comparação dos resultados.

3. AVALIAÇÃO

O objetivo principal do PE, utilizado nesta proposta didática, é a compreensão por parte dos alunos sobre os conceitos e fenômenos Físicos relacionados ao tema: Cor e Luz. Além de trabalhar a interdisciplinaridade, que no caso foi o aspecto relacionado ao olho ligado a componente curricular de Biologia. Para atingir este objetivo faz-se uso da Teoria da Aprendizagem Significativa e os Mapas Conceituais que oferece um suporte avaliativo, auxiliando no diagnóstico de conhecimentos prévios relevantes e nos avanços alcançados pelos alunos. Como complemento no processo de avaliação, considerar o desenvolvimento e apresentação dos seminários por partes dos alunos, e as impressões registradas pelos mesmos ao observar os resultados experimentais.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os conceitos prévios descritos pelos alunos e suas respostas posteriores à realização de cada etapa desta proposta didática do presente Produto Educacional, quando analisadas e comparadas, deverão conduzir a uma reestruturação de conceitos.

Considerando parte de nosso objetivo, que consiste em mostrar uma relação interdisciplinar entre Luz e Cor, de modo que os alunos possam perceber que outros componentes curriculares se correlacionam e compreender cientificamente, selecionou-se 3 questões:

O que é luz?

O que é cor?

E, por que enxergamos?

Diante disso, o professor precisa estar atento às respostas antes e depois da aplicação da proposta, a fim de analisar se os conhecimentos do senso comum foram reestruturados de forma significativa, ou seja, transformados em conhecimento científico. O mesmo processo deve ser observado ao solicitar que confeccionem um mapa conceitual diagnóstico e outro avaliativo;

É importante também a observação das impressões das reações dos alunos, entre eles o despertar do interesse e a motivação, e não somente o aspecto quantitativo em relação se certo ou errado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almeida, Fábio. Newton e o prisma. **Teoria da Conspiração**. Disponível em: <<https://www.deldebbio.com.br/newton-e-o-prisma>>. Acesso em 09/04/2019.

Alvarez, Hebert. **Cores, luz, arco íris e visão**. 2013. (1m44s). Disponível em: <<https://youtu.be/hk8u1I39gvc>>. Acesso em: 10 fev. 2019

Centro de pesquisa em óptica e fotônica - cepofo. **Laser e suas aplicações!** 2015. (6m08s). Disponível em: <<https://youtu.be/si-jgkeee0a>>. Acesso em: 12 mar. 2019.

Cienciabit: Ciencia y Tecnología. **Una Dinamo a partir de un Motor Eléctrico**. Proyecto de Ciencias. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=ZmAW9zyc_3s>. 2016. (7m29s). Acesso em 09 abr. 2019.

Correa, Juliane. **Novas tecnologias da informação e da comunicação: novas estratégias de ensino/aprendizagem**. In: COSCARELLI, Carla Viana (Org.) *Novas Tecnologias, novos textos, novas formas de pensar*. Belo Horizonte: Autêntica, 2002, p.43-50.

Destr, Giovanna. **Fotorrecepção: cones e bastonetes**. 2017. (4m41s). Disponível em: <https://youtu.be/s_dsd0ffgi>. Acesso em: 10 fev. 2019.

Espectroscopia do infravermelho. **Slideshare**, 9 de jun. de 2014 Disponível em: <<https://pt.slideshare.net/MssJuh/espectroscopia-35638026>>. Acesso em 11 abr. 2019.

Espectroscopia. **Bloco VIII - espectroscopia - aluno – USP**, 20 de dez. de 2005. Disponível em: <<https://sites.usp.br/nupic/wpcontent/uploads/sites/293/2016/05/aluno-Bloco-VIII-Espectroscopia.pdf>>. Acesso em 23 abr. 2019.

Fontes André. **Experiência da cor – luz**>. 2015. (0m52s). Disponível em: <<https://youtu.be/hrbkng5eie>>. Acesso em: 10 fev. 2019.

Girardi, Giovana. **Por que o céu é azul**. Super interessante, 31 de mai. de 2008. Disponível em: <<https://super.abril.com.br/ciencia/por-que-o-ceu-e-azul/>>. Acesso em: 08 abr. 2019.

Mundo Nonato. **Decomposição da luz, teoria das cores e a cor de um corpo**. 2014. (8m26s). Disponível em: <<https://youtu.be/45f5va6sh08>>. Acesso em: 10 fev. 2019.

Khan Academy. **Luz e do éter luminoso | A relatividade especial | Física | Khan Academy**. 2016. (8m41s). Disponível em: <<https://youtu.be/gLGnOP6KFjE>>. Acesso em: 12 mar. 2019.

Marques, Dominiciano. **Construindo o experimento de Oersted**. Brasil Escola UOL. Disponível em: <<https://educador.brasilescola.uol.com.br/estrategias-ensino/construindo-experimento-oersted.htm>>. Acesso em 03 mar. 2019.

Quer que desenhe. **Ondas e Éter**. 2014. (5m27s). Disponível em: <<https://youtu.be/vFAMkaVWiAU>>. Acesso em: 12 mar. 2019.

Radiações do espectro eletromagnético e as suas aplicações tecnológicas. **Prezi**, 18 de fev. de 2013. Disponível em: <<https://prezi.com/x7tuv4iwslgl/radiacoes-do-espectro-eletromagnetico-e-as-suas-aplicacoes-tecnologicas/>>. Acesso em 09 abr. 2019.

THENÓRIO, Iberê; FULFARO, Mariana. Manual do mundo. **Led, fluorescente ou halógena?** (teste de lâmpadas). 2015. (17m10s). Disponível em: <<https://youtu.be/qtsycq-u3j0>>. Acesso em: 12 mar. 2019.

THENÓRIO, Iberê; FULFARO, Mariana. Manual do Mundo. **Como fazer arco íris caseiro com vela e DVD**. Disponível em: <<https://youtu.be/-e9crnQEA78>>. 2013. (4m48s). Acesso em: 03 mar. 2019.

THENÓRIO, Iberê; FULFARO, Mariana. Manual do Mundo. **A luz que faz curva na água**. Disponível em: <<https://youtu.be/F69tWoZa4ic>>. 2012.(4m43s). Acesso em: 03 mar. 2019.

APÊNDICE A

Neste apêndice apresenta-se o registro das atividades realizadas pelos estudantes ao aplicar o presente produto educacional pela autora aos alunos de uma turma do 2º ano do curso Técnico Integrado de Química do Centro Estadual de Educação Profissional no município de Cianorte – PR. A turma era constituída de 32 alunos, e a divisão das equipes por grupos ficou desta forma: 02 grupos com 06 participantes, 04 grupos com 05 participantes. Cada um dos grupos ficou responsável pela pesquisa de um dos temas elencados a seguir:

1. Olho humano: cones e bastonetes;
2. Prisma de Newton;
3. Por que o céu é azul?
4. Espectro Eletromagnético;
5. Infravermelho;
- 6 Espectroscopia;

A seguir, cita-se por ordem de apresentação:

➤ **Equipe 1: 5 participantes.**

Tema pesquisado - Prisma de Newton - Experiência de Newton com prisma

Metodologia

Os alunos compartilharam o *link* do texto no grupo de WhatsApp, para que os demais estudantes pudessem acompanhar. Em seguida, explicaram oralmente e reproduziram a experiência realizada por Isaac Newton no século XVII, utilizando um texto do site: <https://www.deldebbio.com.br/newton-e-o-prisma> - Acesso em 09/04/2019.

As Figuras A.1 e A.2 mostram o prisma utilizado pelo grupo e as fotos dos resultados do experimento.

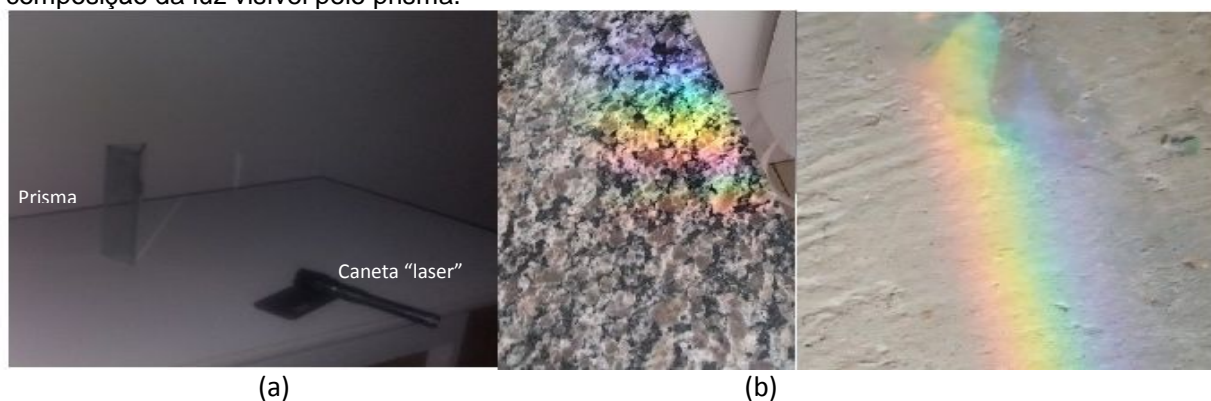
A experiência foi realizada no anfiteatro da escola com uma lanterna de LED e por não demonstrar a dispersão da luz, eles repetiram o experimento em uma sala pequena e escura que fica localizada em um dos laboratórios onde tinha passagem de luz natural.

Figura A.1 – Imagem fotográfica do prisma de vidro com 25 cm de comprimento e 7 cm de aresta utilizado pela Equipe 1.



Fonte: arquivos da autora.

Figura A.2 – Imagem fotográfica do experimento realizado pelos alunos da Equipe 1: (a) no anfiteatro com o uso de uma caneta a luz *laser* e (b) na sala com luz natural (Sol), em que se observa a decomposição da luz visível pelo prisma.



Fonte: arquivos da autora

Texto reproduzido pelos alunos

Newton e o Prisma

Texto do site: <https://www.deldebbio.com.br/newton-e-o-prisma/>

Acesso em: 07/04/2019

*“Em meados de 1664, o físico inglês, Isaac Newton, faria uma experiência que influenciaria substancialmente o futuro da filosofia e da física. Com um prisma de vidro em formato triangular, adquirido numa feira em Cambridge, Newton reproduziu um experimento já conhecido em sua época como **Fenômeno das Cores**.*

*Fechando todas as cortinas do seu laboratório e colocando uma cartolina com um pequeno furo sobre uma das janelas, Newton conseguiu isolar apenas o pouco de luz que precisava. Por fim, quando aproximou seu prisma a este feixe de luz branca, Newton observou que esta, ao atravessar o objeto, dividia-se num fabuloso arco-íris, que mais tarde ele chamaria de **Spectrum**, um degradê que variava do violeta, anil, azul, verde, amarelo, laranja e vermelho.*

Cientistas anteriores a Newton já havia realizado este experimento, a diferença é que nenhum destes foi tão longe como ele. Em experiências posteriores, Newton isolou cada uma das cores, estudou suas propriedades, ângulos, formatos e com o auxílio de outro prisma, tentou sem sucesso, dividir estas cores isoladas mais uma vez.

Em outra ocasião, Newton repetiu o primeiro experimento, desta vez sem isolar cor alguma, simplesmente colocou outro prisma através do feixe colorido. Ao observar o lado oposto do segundo prisma, Newton viu um único feixe de luz branca, ele havia juntado todas as cores do arco-íris novamente em um único feixe de luz.

Com este experimento, nasce a ciência chamada espectroscopia, usada até hoje para determinar as propriedades das estrelas e galáxias distantes. Nasce no ocidente, o entendimento de que, a diversidade de cores que enxergamos provém de uma só unidade: a luz branca”.

➤ **Equipe 2: 5 participantes.**

Tema pesquisado - Por que o céu é azul?

Metodologia -

O grupo entregou uma cópia do texto para cada estudante, em seguida fizeram a leitura parcial do texto na sala de aula e ilustraram o fenômeno da dispersão no quadro (Figura 32).

Entretanto a leitura parcial confundiu alguns estudantes, então, aconselhei que o grupo compartilhasse o *link* do texto no grupo do *WhatsApp*, para que todos acompanhassem a leitura e tivessem uma melhor compreensão do assunto escolhido pelos alunos.

Texto reproduzido pelos alunos

Por que o céu é azul (Texto do site: <https://super.abril.com.br/ciencia/por-que-o-ceu-e-azul/>
Acesso em: 08/04/2019).

“Não, não é porque ele reflete os oceanos, como muito desavisado já saiu repetindo por aí. Trata-se de um efeito provocado pela dispersão da luz solar através da camada de gases que envolve o nosso planeta. Mas, para entender como isso funciona, é preciso primeiro lembrar de duas características da luz.

A primeira é que a luz se movimenta em ondas – minúsculas, é bem verdade, imperceptíveis aos nossos olhos. A segunda é que a luz solar, por ser branca, é, na verdade, uma mistura de várias outras cores as visíveis, que podemos observar quando se forma um arco-íris e as que ficam nas faixas do infravermelho e do ultravioleta, que estão além da nossa

capacidade visual. Cada uma dessas cores corresponde a uma onda com um determinado comprimento. A azul tem um dos menores comprimentos de onda dentro do espectro visível. A vermelha é a que possui o maior deles.

Pois bem: quando a luz do Sol chega à Terra, ela esbarra na atmosfera e nos milhares de minúsculas partículas de ar presentes ali. Grosso modo, o que vemos é uma espécie de reflexo da luz ao cruzar com essas partículas. Quando o alvo onde a luz bate tem uma dimensão compatível com seu comprimento de onda, parte da energia da luz é absorvida, fazendo suas cargas vibrar e emitir de novo a radiação.

Como os tons de azul têm os menores comprimentos de onda, eles são os únicos compatíveis com essas pequenas partículas, que então absorvem essa luz e a rebatem, espalhando o azul para todos os lugares. Por isso o céu é azulado durante o dia.

Já ao entardecer, como o Sol passa a iluminar a Terra com um ângulo mais oblíquo, a luz tem de atravessar a atmosfera por uma distância maior. Isso faz com que a fração de azul seja diluída de tal modo que não conseguimos vê-la mais, abrindo espaço para enxergarmos apenas os tons mais vermelhos que, por terem um comprimento de onda maior, se espalham menos. Outro fator que influencia a cor do céu é comum nas grandes cidades do mundo: a poluição do ar. Quanto mais houver partículas em suspensão na atmosfera – além das que naturalmente fazem parte dela –, mais a luz azul é espalhada, aumentando a vermelhidão no pôr-do-sol, como se pode notar na comparação entre um entardecer em São Paulo e outro no interior.

Marte provavelmente tem um céu de coloração alaranjada ou avermelhada, por causa de sua atmosfera fina e das partículas de poeira presentes nela.

Rebatendo e espalhando

Como as ondas de luz pintam o nosso Céu:

1. Sete em uma

“Ao chegar às partes mais altas da nossa atmosfera, a luz solar é branca, mas isso significa que, na verdade, ela é uma mistura de todas as cores do arco-íris, além de faixas de radiação que nossos olhos não captam”.

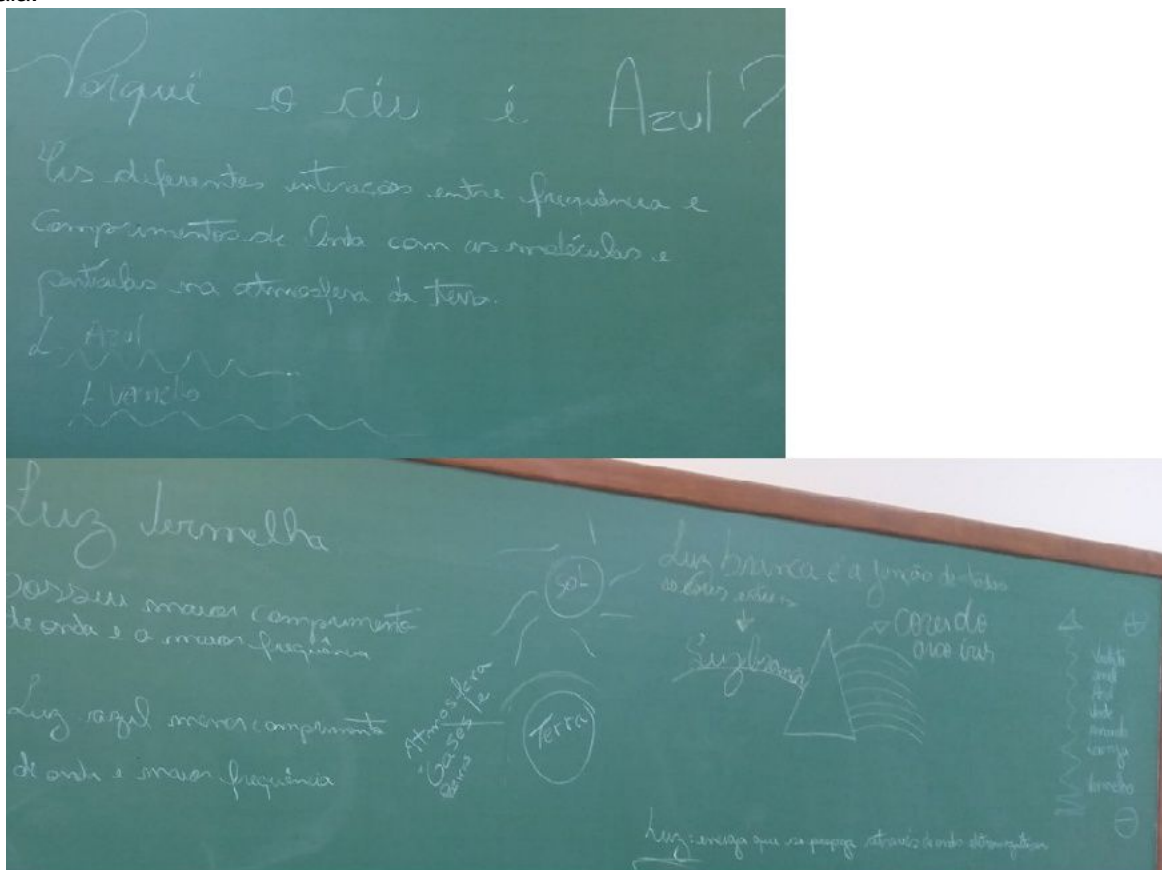
2. Comprimento

“Cada uma das cores do espectro luminoso tem um comprimento de onda característico, o qual pode ser determinado pela distância entre duas “cristas” da ondulação luminosa correspondente”.

3. Rebatida

“Acontece que a luz azul tem o comprimento de onda exato para ser espalhada em todas as direções pelas moléculas da nossa atmosfera durante o dia, o que leva à nossa percepção de um céu azul”.

Figura A.3 - Imagem fotográfica das anotações realizada pelos alunos da Equipe 2 no quadro da sala.



Fonte: arquivos da autora cedida pelos alunos.

- **Equipe 3: 5 participantes.**

Tema pesquisado: Espectro Eletromagnético

Metodologia: apresentação e leitura utilizando *slides* retirados do site: <https://prezi.com/x7tuv4iws1gl/radiacoes-do-espectro-eletromagnetico-e-as-suas-aplicacoes-tecnologicas/> Acesso em 09/04/2019.

Os estudantes tentaram fazer o *download* dos *slides*, mas não conseguiram, então fizeram uso da sala multimídia e da *internet*. Esse grupo necessitou de 20 minutos para apresentar. Não houve registros com fotos das atividades dessa equipe.

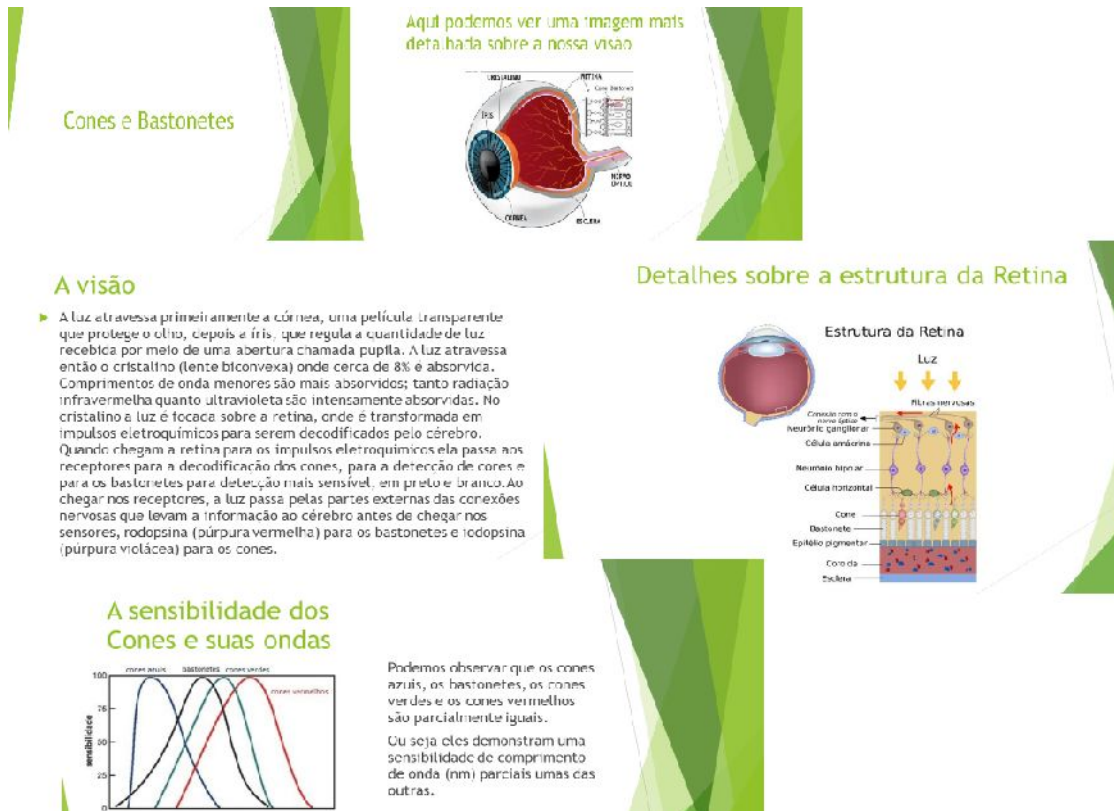
- **Equipe 4 – 5 participantes**

Tema pesquisado - Cones e Bastonetes

Metodologia: apresentação e leitura por meio de *slides*.

Os estudantes apresentaram os *slides* contidos na Figura A.4, mas não souberam dizer a fonte bibliográfica das informações contidas nos mesmos.

Figura A.4 - Imagem dos Slides da apresentação das atividades dos alunos da Equipe 4.



Fonte: desconhecida.

Grupo 5 – 6 participantes.

Tema da pesquisa: Espectroscopia

Metodologia: apresentação e leitura dos *slides* do site:

<<https://pt.slideshare.net/MssJuh/espectroscopia-35638026>> Acesso em: 11 abr. 2019.

A apresentação foi realizada na sala multimídia com uso da internet. Não houve registros por meio de fotos dessa equipe.

Equipe 6: 6 participantes

Tema da pesquisa - Infravermelho

Metodologia: apresentação e leitura dos slides das Figuras A.5 na sala multimídia. Os estudantes não souberam dizer a fonte bibliográfica das informações contidas nos slides.

Figura A.5 - Slides das apresentações dos alunos da Equipe 6.

INFRAVERMELHO

A radiação infravermelha tem origem na vibração molecular, que gera oscilações nas cargas elétricas constituintes dos átomos e provoca a emissão de radiação, por isso, esse tipo de radiação está associada ao calor. Um exemplo disso é que, ao colocar a mão nas proximidades de uma chapa de ferro quente, é possível sentir o calor. Isso ocorre por causa da recepção do corpo às ondas de infravermelho produzidas pelo corpo aquecido.

A radiação infravermelha é uma radiação eletromagnética cujo comprimento de onda é maior do que o da luz visível, e por consequência não é visível para os seres humanos. O nome significa "abaixo do vermelho" (do latim infra, "abaixo"). Isto se deve ao fato de a cor vermelha possuir a menor frequência do espectro de luz visível e o **infravermelho** possuir uma frequência logo abaixo da dele. O comprimento de onda do **infravermelho** possui tamanho aproximadamente de 750 nm a 1mm.

O infravermelho não é visível ao olho humano por ser uma onda de comprimento maior que a luz vermelha



Graças a esta emissão de ondas de infravermelho pelos corpos em geral, é possível a formação de imagens noturnas, pois cada corpo tem um espectro de emissão de radiação diferente. Assim, a imagem pode ser construída com um sistema detector, sensível a este tipo de radiação.



Medicina: Médicos usam lâmpadas de infravermelho para tratar doenças de pele e aliviar dores musculares. Nestes tratamentos, os raios infravermelhos passam através da pele do paciente e produzem calor.



Indústria: Ondas infravermelhas são usadas extensivamente em fornos projetados especialmente para secar superfícies, couros, metais, papéis e tecidos pintados e esmaltados.



Fonte: desconhecida.