

**Universidade Federal de Ouro Preto**

Instituto de Ciências Exatas e Biológicas

Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências  
Mestrado Profissional em Ensino de Ciências (MPEC)

---

Dissertação

---

**PROPOSTA DE SEQUÊNCIA  
DIDÁTICA: APRENDIZAGEM  
PARA O ENSINO DE ÓPTICA  
GEOMÉTRICA E FÍSICA  
MODERNA BASEADA NA  
TEORIA  
SOCIOINTERACIONISTA DE  
VYGOTSKY**

*Éder Conceição da Silva*

Ouro Preto  
2023



ÉDER CONCEIÇÃO DA SILVA

**PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA: APRENDIZAGEM PARA O  
ENSINO DE ÓPTICA GEOMÉTRICA E FÍSICA MODERNA BASEADA  
NA TEORIA SOCIOINTERACIONISTA DE VYGOTSKY**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências (nível mestrado profissional) da Universidade Federal de Ouro Preto, como requisito à obtenção do título de Mestre.

Área de Concentração: Ensino de Física

Linha de Pesquisa: Processos de Ensino e aprendizagem e desenvolvimento de recursos didáticos para o Ensino de Ciências.

Orientador: Silmar Antônio Travain

Ouro Preto/MG

2023

## SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

S586p Silva, Éder Conceição da.  
Proposta de sequência didática [manuscrito]: aprendizagem para o ensino de óptica geométrica e física moderna baseada na teoria sociointeracionista de Vygotsky. / Éder Conceição da Silva. - 2023. 64 f.: il.: color., tab..

Orientador: Prof. Dr. Silmar Antônio Travain.  
Dissertação (Mestrado Profissional). Universidade Federal de Ouro Preto. Instituto de Ciências Exatas e Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências.  
Área de Concentração: Ensino Básico e Educação Superior (física, Química, Biologia).

1. Física Moderna - Estudo e ensino. 2. Óptica Geométrica. 3. Aprendizagem. I. Travain, Silmar Antônio. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 510:377:378

Bibliotecário(a) Responsável: Elton Ferreira de Mattos - CRB6/2824



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO  
REITORIA  
PRO-REITORIA DE PESQUISA, POS-GRADUACAO E  
INOVACAO  
PROGRAMA DE POS-GRADUACAO EM ENSINO DE  
CIENCIAS



**FOLHA DE APROVAÇÃO**



MESTRADO PROFISSIONAL  
EM ENSINO DE CIÊNCIAS

**ÉDER CONCEIÇÃO DA SILVA**

**Proposta de sequência didática: Aprendizagem para o Ensino de Óptica Geométrica e Física Moderna baseada na teoria sociointeracionista de Vygotsky.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências - nível mestrado profissional, da Universidade Federal de Ouro Preto, como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Ensino de Ciências.

Aprovada em 24 de fevereiro de 2023.

Membros da banca

Prof. Dr. Silmar Antonio Travain - Orientador - Universidade Estadual Paulista  
Prof. Dr. Edson José de Carvalho - Universidade Federal de Ouro Preto  
Prof.ª Dr.ª Isabel Cristina de Castro Kondarzewski - Universidade Estadual Paulista

Prof.ª Dr.ª Michele Hidemi Ueno Guimarães, coordenadora do Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências desta Universidade, conforme aprovação do respectivo orientador, aprovou a versão final e autorizou seu depósito no Repositório Institucional da UFOP em 12/04/2023.



Documento assinado eletronicamente por **Michele Hidemi Ueno Guimaraes, COORDENADOR(A) DE CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS**, em 24/04/2023, às 10:29, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [http://sei.ufop.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **0466325** e o código CRC **A39D99EE**.

## AGRADECIMENTOS

Foram muitos os desafios enfrentados durante essa jornada, no entanto estou vencendo mais uma importante etapa de minha vida. Agradeço primeiramente a Deus por permitir que eu vivenciasse esse momento único.

Aos meus pais, João e Marta, que sempre me incentivaram a correr atrás dos meus sonhos; aos meus irmãos que mesmo não dizendo com palavras, sabia que no fundo acreditavam em mim.

Ao meu orientador Prof. Dr. Silmar Antônio Travain que aceitou de bom grado participar e compartilhar suas grandes ideias para o término deste trabalho. Ao seu jeito simples e incrível de aconselhar do qual sempre vou me espelhar. Minha gratidão pela sua amizade que permitiu conhecer essa magnífica pessoa.

Aos membros da banca Isabel Cristina de Castro Kondarzewski e Edson José de Carvalho que por meio de suas experiências acadêmicas minha pesquisa pôde ser concretizada.

Aos amigos que conquistei no MPEC, em especialmente a Ana Carolina de Lima Matos (amiga de longa data) que me ajudou a enfrentar os obstáculos e as dificuldades que insistiam em aparecer. Se não fosse por nossas conversas nas madrugadas eu não teria persistido.

Aos demais professores do Mestrado Profissional em Ensino de Ciências da UFOP que tiveram grande contribuição nessa vitória.

A Capes, que ao longo dos anos, atua na formação de professores da educação básica.

A UNESP (Faculdade de Engenharia e Ciências – Campus Guaratinguetá) por meio de sua parceria com a UFOP, permitiu a participação do meu orientador como professor colaborador do MPEC.

Enfim, ainda não haverão palavras suficientes para expressar a gratidão que sinto por todos.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>16</b>
<b>2.1 ÓPTICA GEOMÉTRICA.....</b>	<b>16</b>
<b>2.2 FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA.....</b>	<b>21</b>
<b>2.3 A CONTEXTUALIZAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA.....</b>	<b>24</b>
<b>2.4 SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....</b>	<b>26</b>
<b>2.5 VYGOSTSKY: TEORIA SOCIOINTERACIONISTA.....</b>	<b>27</b>
<b>3. METODOLOGIA.....</b>	<b>31</b>
<b>3.1 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA.....</b>	<b>31</b>
<b>3.2 APLICAÇÃO DAS ATIVIDADES DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....</b>	<b>32</b>
<b>3.2.1 TEMA 1: FORMAÇÃO E DECOMPOSIÇÃO DA LUZ BRANCA...32</b>	
<b>3.2.2 TEMA 2: EFEITO FOTOELÉTRICO.....</b>	<b>36</b>
<b>3.3 REGISTRO E COLETA DO DADOS.....</b>	<b>38</b>
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>39</b>
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>59</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>61</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Esquemática da passagem da luz com a mudança do meio de propagação	16
<b>Figura 2:</b> Representação da 1ª lei da refração	17
<b>Figura 3 (a):</b> Formação da imagem em um espelho plano	18
<b>Figura 3 (b):</b> Esquemática de um raio incidente sobre uma superfície espelhada	18
<b>Figura 4:</b> Relação da cor do objeto dependendo da fonte de luz utilizada	18
<b>Figura 5:</b> Relação da cor objeto com uma fonte de luz branca (figura adaptada)	19
<b>Figura 6:</b> Mistura aditiva das cores primárias	19
<b>Figura 7:</b> Mistura Subtrativa	20
<b>Figura 8:</b> A dispersão da luz solar causada por um pingo de chuva	20
<b>Figura 9:</b> Disco de Newton	33
<b>Figura 10:</b> Exemplo do conceito da Refração da Luz ao se demonstrar um canudo, em posições diferentes, em um copo com água	34
<b>Figura 11:</b> Luz monocromática atravessando um objeto de vidro no formato de um trapézio	34
<b>Figura 12:</b> Feixes provenientes de uma fonte de luz branca atravessando um prisma de vidro	35
<b>Figura 13:</b> Espectro eletromagnético: categorização das ondas eletromagnéticas	35
<b>Figura 14:</b> Efeito da fluorescência sobre a palavra escrita	36
<b>Figura 15:</b> Simulação do efeito fotoelétrico	37
<b>Figura 16:</b> Materiais usados na construção do experimento do Disco de Newton	39
<b>Figura 17:</b> Execução da prática do Disco de Newton	40
<b>Figura 18:</b> Formação do arco-íris na atmosfera	41
<b>Figura 19:</b> Representação da refração da luz	42
<b>Figura 20:</b> Aplicação da simulação computacional desvio da luz	43
<b>Figura 21:</b> Diferentes faixas do espectro eletromagnético de acordo com as frequências e comprimentos de onda	45
<b>Figura 22:</b> Uso do flash normal do celular	47
<b>Figura 23:</b> Efeito com o uso do flash normal	48
<b>Figura 24:</b> Flash da câmera modificado	48
<b>Figura 25:</b> Efeito do experimento com o uso do flash modificado	48
<b>Figura 26:</b> Espectro visível da luz e demais categorizações da onda eletromagnética	50
<b>Figura 27:</b> Portas automáticas de um hospital	50
<b>Figura 28:</b> Modificação da simulação alterando a intensidade da fonte para 50 %	51
<b>Figura 29:</b> Modificação da simulação aumentando a intensidade da fonte para 80 %	51

**Figura 30:** Aparecimento dos elétrons no circuito da simulação sem a presença de corrente 52

**Figura 31:** Aparecimento dos elétrons no circuito da simulação com a presença de corrente 52



## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Descrição das discussões em sala de aula para o tema Formação e Decomposição da Luz Branca – 1ª Etapa	39
<b>Tabela 2</b> - Descrição das discussões em sala de aula para o tema Formação e Decomposição da Luz Branca – 2ª Etapa	41
<b>Tabela 3</b> - Descrição das discussões em sala de aula para o tema Formação e Decomposição da Luz Branca – 3ª Etapa	44
<b>Tabela 4</b> - Respostas das atividades realizadas no ensino à distância pelos estudantes	45
<b>Tabela 5</b> - Descrição das discussões em sala de aula para o tema Efeito Fotoelétrico	47

## **LISTA DE ABREVIACÕES**

**BNCC** – Base Nacional Comum Curricular

**CBC** - Currículo Básico Comum

**DCNEM** - Diretrizes Curriculares Nacionais do Ensino Médio

**LDB** - Lei de Diretrizes e Bases

**PCNs** - Parâmetros Curriculares Nacionais

## RESUMO

Em teoria, o processo de Ensino das Ciências da Natureza consiste em um conjunto de métodos destinados à disseminação de determinado conteúdo. Em geral, são apresentadas na literatura diversas perspectivas acerca dos caminhos que podem ser escolhidos como base teórica. Contudo, quando inseridos em sala de aula, os conteúdos abordados pouco dialogam com o cotidiano do estudante, e no caso da Física, a representatividade dos fenômenos fica a cargo das equações matemáticas. Nesse sentido, no intuito de propiciar um maior entendimento e compreensão de mundo ao qual os estudantes estão inseridos, além de contribuir com a prática do docente, desenvolveu-se uma sequência didática com abordagem nos conceitos da Óptica Geométrica e da Física Moderna. Os resultados obtidos das gravações e dos registros escritos foram analisados sob a visão da Teoria Sociointeracionista de Vygotsky dada pela interação entre professor e aluno e entre os parceiros mais experientes. Ao se analisar as discussões dos estudantes em sala de aula, percebeu-se vários momentos da mediação como mecanismo da promoção da interação entre professor-aluno ou entre aluno-aluno. Isso demonstra que o processo de aprendizagem começa no ambiente ao qual o estudante está imerso, e na escola que a bagagem do conhecimento trazida por ele é trabalhada com o propósito de conferir uma nova interpretação a esse conhecimento.

Palavras-chave: Mediação, Aprendizagem, Física Moderna, Óptica Geométrica, Ensino de Física, Vygotsky.

## **ABSTRACT**

In theory, the Natural Science Teaching process consists of a set of methods aimed at the dissemination of certain content. In general, different perspectives are presented in the literature about the paths that can be chosen as a theoretical basis. However, when inserted in the classroom, the contents approached have little dialogue with the student's daily life, and in the case of Physics, the representativeness of the phenomena is in charge of the mathematical equations. In this sense, in order to provide a greater understanding and understanding of the world in which students are inserted, in addition to contributing to the teaching practice, a didactic sequence was developed with an approach to the concepts of Geometric Optics and Modern Physics. The results obtained from the recordings and written records were analyzed from the point of view of Vygotsky's Sociointeractionist Theory given by the interaction between teacher and student and between more experienced partners. When analyzing the students' discussions in the classroom, several moments of mediation were perceived as a mechanism for promoting interaction between teacher-student or between student-student. This demonstrates that the learning process begins in the environment in which the student is immersed, and in the school that the baggage of knowledge brought by him is worked on with the purpose of giving a new interpretation to this knowledge.

**Keywords:** Mediation, Learning, Modern Physics, Geometric Optics, Physics Teaching, Vygotsky.

## 1. INTRODUÇÃO

A escola é mais do que um ambiente que promove e articula conhecimento. Seus aspectos vão muito mais além, e é no ambiente escolar que se manifestam os valores sociais, além de outros fatores pertinentes à construção do eu dentro da sociedade, possibilitando novos horizontes, dos quais são imprescindíveis para o crescimento pedagógico-social do estudante e do próprio docente.

A elaboração de estratégias que propiciam o desenvolvimento da aprendizagem dos estudantes remete-se ao papel da educação. Teoricamente, ao se consultar os documentos oficiais - Lei de Diretrizes e Bases (LDB) e os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) - disponíveis para a contemplação e assistência da prática docente nas diversas modalidades do ensino público e privado; e até mesmo para ações inerentes ao processo de implementação da Educação Básica ao jovem, são previstas conjunturas essenciais que norteiam o desempenho de aprendizagem do discente. Assim,

A formação da pessoa, de maneira a desenvolver valores e competências necessárias à integração de seu projeto individual ao projeto da sociedade em que se situa; o aprimoramento do educando como pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico; a preparação e orientação básica para a sua integração ao mundo do trabalho, com as competências que garantam seu aprimoramento profissional e permitam acompanhar as mudanças que caracterizam a produção no nosso tempo; o desenvolvimento das competências para continuar aprendendo, de forma autônoma e crítica, em níveis mais complexos de estudos (BRASIL, 2000, p. 10).

Nesta mesma vertente, quando se analisa os precedentes destinados à execução das práticas pedagógicas no espaço escolar, comparando-os aos argumentos fornecidos por estes documentos, nota-se, muitas vezes, a falta de interação entre prática e teoria. No campo das Ciências da Natureza, principalmente na Física, muito dos métodos adotados em sala de aula, não dialogam com o que está previsto por lei. Como demonstra Ricardo,

Um ensino por competências representa, dentro da nova legislação, uma possibilidade de superação do ensino de Física atualmente desenvolvido nas escolas. Ou seja, quer libertar-se e transcender do ensino tradicional, recheado por conceitos, leis e fórmulas tratados de forma desarticulada em relação ao mundo vivido pelo aluno e pelo professor, com insistência na automatização em resolução de exercícios e na memorização. O que o documento aponta é para uma Física que contribua para a constituição de uma cultura científica no aluno, que lhe possibilite a compreensão de fatos e fenômenos naturais e a relação dinâmica do homem com a natureza (RICARDO, 2005, p.31).

Em consequência disso, o comportamento da grande maioria dos estudantes, não apenas considerando-os de uma única região específica, mas nacionalmente, é associar a Física como uma ciência complexa e impossível de ser compreendida em sua verdadeira essência. Essa afirmação se torna válida quando se nota uma maior dificuldade dos alunos em explicar

conceitualmente a Ciência por trás dos fenômenos físicos observados no dia-a-dia da população.

O caráter matemático é um dos primeiros pontos levantados como justificativa do não aprendizado por parte do adolescente. Para esse sujeito, a disciplina de Física usufrui de variadas equações e de suas unidades de grandeza para explicar o conteúdo da disciplina programado e obrigatório do Currículo Básico Comum (CBC), o que de certa forma dificulta um melhor entendimento do aluno.

Outro fator de descontentamento com a área de Ensino de Física se reflete na atitude pedagógica do professor. Neste ponto, é importante destacar que não é uma crítica negativa aos educadores e sua postura em sala de aula, contudo, destacamos apenas algumas das possíveis variáveis influenciadoras da didática do docente atual: tradicionalismo das aulas, carga horária mínima para o conteúdo extenso a ser trabalhado ao longo do ano letivo, falta do uso de métodos alternativos além do livro didático, salas de aula superlotadas, pouca ou quase nenhuma familiarização com os meios tecnológicos, entre outros.

Dessa forma, considerando o contexto de ensino e as muitas intervenções didáticas que podem ser realizadas para o Ensino de Física, em detrimento das dificuldades encontradas dessas ações, torna-se desafiador promover a disciplina como sendo algo satisfatório e significativo na perspectiva dos alunos. Neste sentido, as orientações para a Educação Básica chamam atenção ao fato de que:

As práticas curriculares de ensino em Ciências Naturais são ainda marcadas pela tendência de manutenção do “conteudismo” típico de uma relação de ensino tipo “transmissão – recepção”, limitada à reprodução restrita do “saber de posse do professor”, que “repassa” os conteúdos enciclopédicos ao aluno. Esse, tantas vezes considerado tábula rasa ou detentor de concepções que precisam ser substituídas pelas “verdades químico-científicas” (BRASIL, 2008, p. 48).

Assim, tendo como princípio a configuração das aulas de Física, e ainda de maneira a auxiliar o professor da disciplina no seu planejamento e desenvolvimento de parte do conteúdo, este trabalho teve como norteadores os seguintes objetivos:

Objetivo Geral:

➤ O estudo do ensino-aprendizagem em sala de aula utilizando uma sequência didática e o desenvolvimento de material didático para o Ensino da Óptica Geométrica e da Física Moderna.

Objetivos Específicos:

➤ Desenvolver uma sequência didática com uma abordagem contextualizada ao cotidiano do estudante do Ensino Médio trabalhando com tópicos de Física Moderna;

➤ Usar de mídias eletrônicas e recursos alternativos na elaboração de atividades

para a sequência didática investigativa;

- Contribuir com a prática do professor mediante ao uso de simulações, vídeos, experimentos, entre outros meios, como instrumentos para o Ensino de Física em sala de aula;
- Introduzir fenômenos da Óptica Geométrica como forma de enriquecimento para se trabalhar conteúdos de Física Moderna.

Nesse contexto, justifica-se a inserção da Física Moderna no âmbito escolar, pois por meio de seus conteúdos ligados ao desenvolvimento tecnológico e social facilita os processos de contextualização e interdisciplinaridade em sala de aula. Alguns autores, como Lobato e Greca, demonstram preocupação com o ensino de temas de Física Moderna no Ensino Médio, em todos os seus aspectos e vertentes, mostrando sua evolução e transformação, pois:

É necessário que se estude como introduzir, no Ensino Secundário, os conceitos, leis e teorias da Física do século XX, em particular a Teoria Quântica, que tem condicionado, fortemente, a investigação científica e tecnológica moderna e que, no século passado, revolucionou o pensamento humano (LOBATO e GRECA, 2005, p.119).

Tornando assim relevante a introdução do tema de Física Moderna, pois deve propiciar uma maior abordagem deste conteúdo. Considerando o extenso planejamento de variadas disciplinas e o número disponível de aulas de Física, o tema de Física Moderna, por muitas vezes, acaba pouco explorado no Ensino Médio. Ainda, podemos considerar que a disciplina de Física Moderna carece de um número maior de materiais didáticos auxiliares, pois o professor encontra poucos livros didáticos de suporte.

Posto isso, conectando os conceitos da Óptica Geométrica com a Física Moderna por meio de atividades que desenvolvam no estudante a capacidade de senso crítico, autonomia e interesse pelos fenômenos da Física, facilita não somente a didática do docente em sala de aula, mas também a possibilidade de redefinir o pensamento dos estudantes acerca da construção da ciência ensinada nas aulas.

Tendo a Introdução como capítulo 1, na sequência, a presente pesquisa está estruturada da seguinte forma: no capítulo 2 apresentamos os referenciais teóricos que focam na Teoria Interacionista de Vygotsky, a importância da contextualização no Ensino de Física e nos conceitos de Física (Óptica Geométrica e Física Moderna); no capítulo 3 apresentamos os procedimentos metodológicos utilizados para colhimento dos dados e as descrições da aplicação das atividades propostas; no capítulo 4 apresentamos uma discussão dos resultados coletados durante a execução das atividades baseados nos referenciais citados; no capítulo 5 apresentamos as considerações finais; e por fim, no capítulo 6 se encontra todas as fontes de pesquisa consultadas para a elaboração e escrita da pesquisa.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 ÓPTICA GEOMÉTRICA

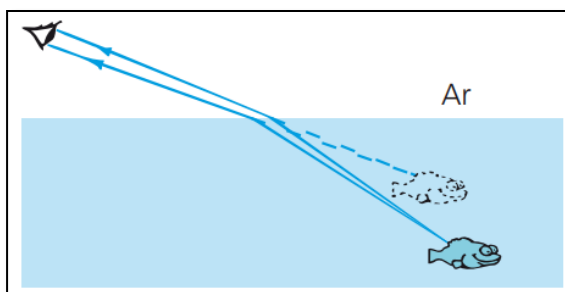
Desde a antiguidade a luz tem se tornado instrumento de estudo de muitos observadores. Responsável por permitir que os seres humanos enxerguem o ambiente, ela fornece também a capacidade de apreciação de incríveis fenômenos raros ou recorrentes no cotidiano das pessoas. As fontes de produção de luz podem ser duradouras ou temporárias, como o caso do Sol que tem cerca de bilhões de anos ou uma de lanterna que continuará atuando como uma fonte luminosa até o momento que sua bateria esgote.

As inúmeras resultantes da interação da luz com a matéria são estudadas pela Óptica, campo da Física que busca compreender os eventos ópticos e explicar como eles ocorrem dentro das seguintes interpretações: refração, reflexão, absorção e dispersão.

Para ilustrar a interpretação da refração, vale apresentar o conceito da palavra meio. O meio, neste contexto, é considerado como o trajeto que a luz utiliza para passar. Podendo ser a água, o ar, o vidro, entre outros materiais transparentes que a luz consiga atravessar. Outro ponto em mente é que a luz adquire velocidades diferentes em meios diferentes.

Um exemplo do fenômeno da Refração da Luz é quando um objeto submerso parece estar mais próximo à superfície do que realmente está. Analisando a situação, os raios de luz que inicialmente estavam se deslocando no ar com uma certa velocidade, em certo ponto de seu trajeto encontram superfície da água. Por consequência, ao sair do ar e entrar na água acontece uma mudança da direção de propagação dos raios, pelo fato da velocidade também ter sido alterada pela mudança do meio (Figura 1).

**Figura 1:** Esquematização da passagem da luz com a mudança do meio de propagação.



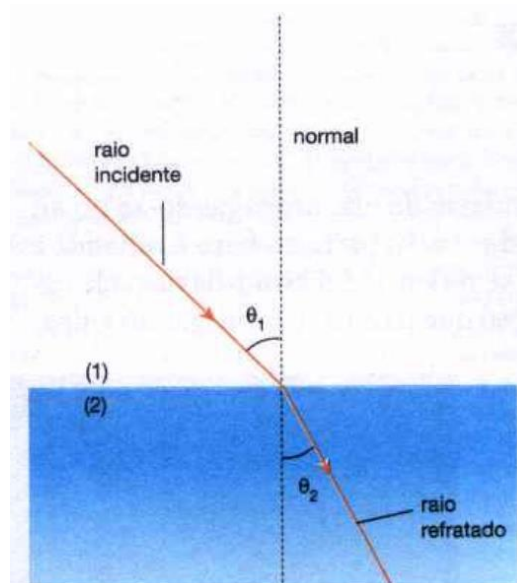
Fonte: Hewitt (2015).



Tendo como base as características da Refração, o fenômeno pode ser representado por duas leis:

- 1ª Lei da Refração: o raio incidente, o raio refletido e a reta normal (a reta vertical tracejada) estão contidos em um mesmo plano (Figura 2).

**Figura 2:** Representação da 1ª lei da refração.



Fonte: Alvarenga (2006).

- 2ª Lei da Refração: também conhecida como lei de Snell-Descartes ela representa a associação dos senos dos ângulos de incidência e de refração com as velocidades de propagação da luz em cada um dos meios. Matematicamente:

$$\frac{\sin \hat{i}}{\sin \hat{r}} = \frac{v_1}{v_2}$$

Outras interpretações dessa lei também são válidas, tais como:

$$\frac{\sin \hat{i}}{\sin \hat{r}} = \frac{n_2}{n_1} \text{ e } \frac{\sin \hat{i}}{\sin \hat{r}} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

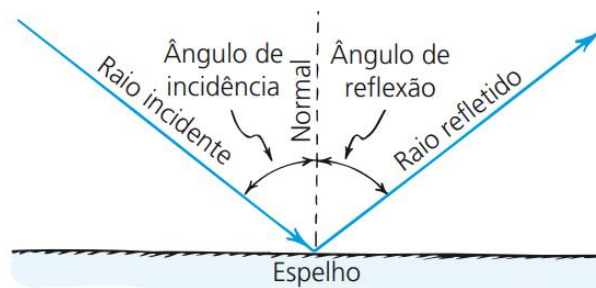
Sendo a primeira equação a relação dos ângulos de incidência e de refração com os índices de refração dos meios (grandezas escalares adimensionais e obtidas pela razão das velocidades da luz no vácuo e no meio) já a segunda equação representa a relação dos ângulos de incidência e de refração com os comprimentos de onda.

No caso do fenômeno da Reflexão da Luz pode-se citar o simples fato de enxergar um objeto ou ver a si mesmo diante de um espelho (Figura 3(a)). Isso acontece porque no caso de superfície super - polidas os raios que incidem paralelamente são refletidos paralelamente (Figura 3(b)).

**Figuras:** 3 (a): Formação da imagem em um espelho plano; 3 (b): Esquemática de um raio incidente sobre uma superfície espelhada.



(a)



(b)

Fonte: Hewitt (2015).

O fenômeno da Absorção da Luz está relacionado com as cores dos objetos. Em um entendimento mais simples do fenômeno, um objeto na presença de uma fonte luminosa pode absorver a luz de algumas cores e devolver outra. Quando Isaac Newton demonstrou que a luz branca é composta por diversas cores, possibilitou entender o porquê objetos diferentes na presença da luz solar apresentavam determinadas cores. Isso quer dizer que, uma bola ao ser vista na cor azul diante da luz do sol, por exemplo, absorveu as demais cores e refletiu de volta o azul (Figura 4).

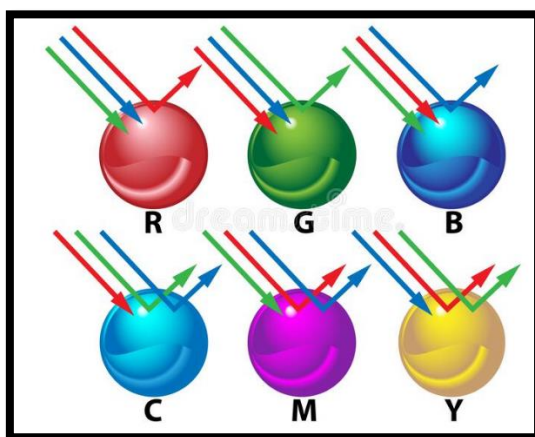
**Figura 4:** Relação da cor do objeto dependendo da fonte de luz utilizada.



Fonte: Hewitt (2015).

O mesmo raciocínio seria válido se essa bola fosse amarela, pois ela absorveu as demais cores e devolveu o amarelo. Portanto, a proporção entre luz absorvida e refletida depende de qual fonte se esteja mencionando, podendo ela ser a luz branca ou uma fonte monocromática (Figura 5).

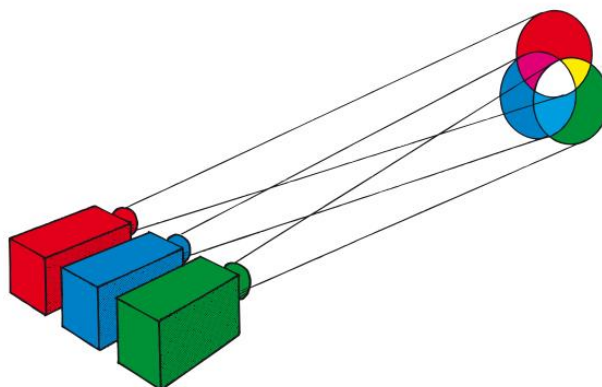
**Figura 5:** Relação da cor objeto com uma fonte de luz branca (figura adaptada).



Fonte: <https://pt.dreamstime.com/cores-vis%C3%ADveis-na-absor%C3%A7%C3%A3o-e-reflexo-da-luz-propriedades-de-ondas-luminosas-em-superf%C3%ADcies-as-azul-vermelha-s%C3%A3o-refletidas-ou-image209504766>. Acesso: 10 de nov de 2022

A percepção das cores pelos olhos humanos também pode ser explicada pela teoria tricromática. As células sensíveis a luz, presentes na retina, são os bastonetes (responsáveis por detectar níveis distintos de luminosidade) e os cones (sensíveis as cores e podem ser divididos em vermelho, verde e azul – cores estas conhecidas como cores primárias). Em proporções iguais, as misturas de duas dessas cores primárias originam outras cores (essas conhecidas como cores secundárias), e quando todas são adicionadas igualmente formam a cor branca (Figura 6).

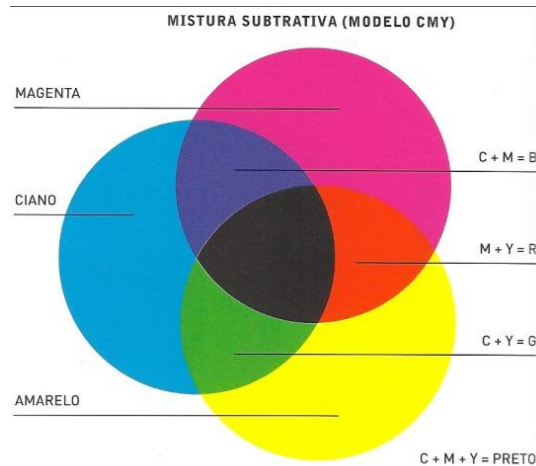
**Figura 6:** Mistura aditiva das cores primárias.



Fonte: Hewitt (2015)

Outra associação de cores além da mistura aditiva, se trata da mistura subtrativa. O sistema subtrativo possui como cores primárias: o ciano (um azul-esverdeado), o magenta (um vermelho-azulado) e o amarelo (Figura 7). E obtêm as seguintes cores secundárias: verde (amarelo mais ciano), vermelho (amarelo mais magenta) e azul (magenta mais ciano).

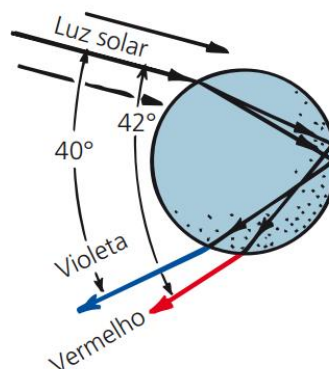
**Figura 7:** Mistura Subtrativa



Fonte: <https://gerenciamentodecor.wordpress.com/2016/02/20/cores-sistema-aditivo-e-subtrativo/>. Acesso: 10 de jan de 2023.

Em períodos de chuvas em que o Sol se faz presente, um arco-íris pode se formar no céu. A manifestação desse tipo de fenômeno é conhecida como Dispersão da Luz. A interação das milhões de gotas esféricas de água dispersas na atmosfera com os raios de luz do Sol promove a articulação de dois fenômenos ópticos. De acordo com Hewitt (2015, p.529): “Quando a luz branca é refratada duas vezes, como em um prisma, a separação existente entre as diversas cores da luz é completamente notável. Essa separação da luz em cores dispostas segundo a frequência é chamada de dispersão” (Figura 8).

**Figura 8:** A dispersão da luz solar causada por um pingo de chuva.



Fonte: Hewitt (2015)

Atualmente, a compreensão que o homem tem da luz é evidente quando se lista algumas das invenções mais úteis para a vida das pessoas. Os telescópios (objetos que dependendo de suas características capturam detalhes no céu que não poderiam ser vistos facilmente a olho nu e bastante valioso para a Astronomia), os microscópios (demonstram os detalhes do mundo microscópico e bastante requisitados no campo da Medicina), os óculos (ferramenta excelente para minimizar os efeitos de problemas na visão), entre outros dispositivos imprescindíveis para o desenvolvimento da sociedade.

## 2.2 FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA

Ao longo de sua evolução, a Física no decorrer dos séculos foi marcada por inúmeras descobertas que impactaram diretamente sobre a humanidade, modificando, assim a sua forma de ver e interagir com o mundo. A substituição da Teoria Geocêntrica pela Heliocêntrica, por exemplo, representa um episódio clássico de mudanças que a sociedade da época sofreu ao romper com o paradigma antigo. Para Ostermann:

Durante o período de transição, o antigo paradigma e o novo competem pela preferência dos membros da comunidade científica, e os paradigmas rivais apresentam diferentes concepções de mundo. Se novas teorias são chamadas para resolver as anomalias presentes na relação entre uma teoria existente e a natureza, então a nova teoria bem-sucedida deve permitir previsões diferentes daquelas derivadas de sua predecessora (1996, p.188).

Evidenciando assim que a Ciência passe a ser constituída sob a ótica do método científico. Isso quer dizer que todas as teorias e postulados vigentes de um determinado período, são submetidos a prova no sentido de organizar o conhecimento. E quando não atendem às expectativas, devem ser substituídos por outras explicações mais plausíveis (KUHN,1987).

Próximo da mudança do século XIX para o século XX, a Física Clássica evoluiu até o ponto de conseguir lidar com problemas altamente complexos. No entanto, alguns eventos colocavam em dúvida a integridade das teorias até então estabelecidas. Os fenômenos que começavam a aparecer não se comportavam da maneira como as hipóteses ditavam o funcionamento das coisas. Tudo isso, porque esses eventos envolviam certos fenômenos físicos relacionados ao mundo subatômico - um novo modelo de mundo que nunca havia sido explorado. A esse ponto, Dionísio (2005) esclarece que,

Por volta de 1890, a Física vivia uma situação um tanto paradoxal. Por um lado, as hoje denominadas teorias clássicas da Física estavam perfeitamente estabelecidas, gozavam de inteira confiança. A Mecânica, a Termodinâmica e o Eletromagnetismo constituíam um formidável arcabouço teórico ao qual nada mais parecia necessário, nem mesmo possível acrescentar (p. 149).

Assim, nas primeiras décadas do início do século XX, soluções começaram a surgir com as mais variadas contribuições a respeito da interpretação dos átomos e suas singularidades, além de outras descobertas marcantes que auxiliavam na compreensão na estrutura da matéria como um todo.

Antes mesmo da contribuição de Bohr para a interpretação do modelo atômico, pesquisadores como Theodore Lyman, Johann Balmer e Friedrich Paschen já trabalhavam com a existência e verificação experimental das linhas de emissão. Em síntese, as séries espectrais do átomo de hidrogênio propostas por cada um deles demonstraram que as diversas radiações poderiam ser emitidas quando um elétron “saltava” para uma camada mais interna. As radiações emitidas iam do infravermelho até o ultravioleta dependendo do nível do salto do elétron.

Em 1895, um dos marcos que colaborou com os avanços da medicina foi a descoberta dos raios x. Na época ao usar raios catódicos sobre uma ampola de *Crookes*, Roentgen observou que uma placa feita de platinocianeto de bário emitia um brilho. Após isso, o físico utilizou uma série de objetos e constatou que eles ficavam transparentes. No entanto, os cientistas ainda não possuíam o entendimento de que se tem hoje acerca dos perigosos da exposição a essa radiação de alta energia. Em virtude disso, o uso do raio x geralmente está interligado a fins medicinais e até mesmo industriais.

Em decorrência do aparecimento dos raios x, que em 1897 Joseph John Thomson corroborou a ideia de que o átomo seria uma partícula indivisível (modelo atômico proposto anteriormente por John Dalton). Ao associar os raios catódicos com os raios x, Thomson identificou partículas ainda menores, partículas estas nomeadas de elétrons.

Albert Einstein, em 1905, difundiu a conhecida Teoria da Relatividade como marco do despontamento de uma nova Física. Essa teoria se divide em dois tópicos: a Relatividade Restrita e a Relatividade Geral. O físico ainda delimitou dois postulados primordiais para a admissão e aceitação dessa teoria como absoluta. O primeiro deles se remete a validação das leis da Física para referencias iniciais; o segundo equivale a velocidade da luz independente do referencial ao qual se observa (BISQUOLO, 2014). Como aprofundamento a relação espaço-tempo (a dilatação do tempo e a contração do espaço) fora bastante discutida por Einstein em algumas de suas publicações, onde o próprio cientista buscou com seus argumentos comprovar seus ideais acerca das duas subdivisões da Teoria da Relatividade.

Alguns anos antes da revolução feita por Einstein, outras figuras importantes da época se enveredaram pelos caminhos de formação da Física atual. Max Planck, por exemplo, se dedicou na explicação da teoria do corpo negro (o nome provém do fato de um corpo absorver

toda radiação incidente sobre ele). Planck propôs o conceito de quantização para a energia de emissão, afirmando que pequenos “pacotes” de energia seriam absorvidos, argumento esse do qual a teoria de Maxwell não previra. Essa quantidade discreta se denominou como *Quantum* ou fóton e se refere a um valor inteiro mínimo para a energia (DIONÍSIO, 2005). Essa afirmação de Planck pode ser representada em uma linguagem matemática, nas palavras de Pessoa Jr,

Imaginando que cada átomo em um corpo oscila com uma frequência  $\nu$ , Planck foi obrigado a postular que a energia desta oscilação é um múltiplo inteiro de uma quantidade discreta, dada por  $\epsilon = h\nu$ , onde  $h$  é hoje conhecida como a constante de Planck. Esta quantidade indivisível de energia  $\epsilon$  era estranha à Física Clássica, e seria conhecida como um quantum (ou pacote) de energia (2006, p .91).

Outra questão que não ainda havia uma solução satisfatória, derivou-se da observação da geração de corrente elétrica quando um feixe de luz era incidido sobre uma placa de metal. Somente após a proposição de Planck quantizando a luz e relacionando a energia de cada fóton com sua respectiva frequência, que Einstein agregou a ideia de Planck, porém ampliando esse conceito para as ondas eletromagnéticas de modo geral, só assim que pôde ser elucidado o que ficou conhecido como efeito fotoelétrico. Esse fenômeno criado por Heinrich Hertz tem como fundamento a transferência de energia que cada fóton pode transmitir aos elétrons do material, fazendo assim com que eles sejam “arrancados”, acarretando assim, a formação de uma corrente de fotoelétrons.

Niels Bohr também teve seu papel de destaque quando o cientista evidenciou uma nova interpretação para o átomo. Os variados modelos de que se teve registro acerca da partícula atômica seus elementos e características serviram de apoio para Bohr e seu aluno de doutorado Rutherford demonstrarem o modelo mais aceito atualmente no que se refere ao átomo e a configuração eletrônica envolta no núcleo. Em estudos mais profundos, demonstrou-se que as regiões das camadas dos elétrons possuem certos níveis de energia. Sendo assim, quando um elétron fosse “excitado” ele precisaria receber uma energia mínima específica e correspondente ao nível da camada para qual a carga negativa fosse passar.

Se fossem organizadas em uma linha cronológica, no decorrer dos mais de 100 anos desde o interesse da comunidade científica em estudar os fenômenos que envolviam o domínio de escalas muito pequenas, todas as colaborações registradas abarcariam a eventos de níveis diferenciados de notoriedade. No entanto, que não deixaram de cumprir com a função do progresso da ciência.

Isso demonstra que toda a construção da Física Moderna da qual se tenha conhecimento dos dias atuais se deu pela incorporação da Teoria da Relatividade, da Física Nuclear, e da

Física Quântica. A sua aplicabilidade se mostrou ainda mais expansiva com o desenvolvimento tecnológico quando se mensura a diversidade dos aparatos eletrônicos disponíveis para o uso das pessoas em áreas como a da medicina, a da construção civil e a de telecomunicações.

### **2.3 A CONTEXTUALIZAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA**

Ainda, um dos grandes desafios presentes em sala de aula, está no fato do professor conseguir alcançar todos os alunos de uma turma utilizando uma mesma abordagem. Isso porque, além da diversidade social e cultural, o docente também se depara com estudantes de níveis diferentes de aprendizagem e com as dificuldades que muitos trazem como a falta de domínio de interpretação ou na realização de cálculos matemáticos. No quesito das Ciências Naturais, se tem o agravante da apresentação das teorias e ideias científicas sem relacioná-las com a vida do estudante, gerando assim pouca significância do porquê se estudar determinado conteúdo. Como propõe Peña (2004),

O desafio que se impõe hoje aos professores é reconhecer que os novos meios de comunicação e linguagens presentes na sociedade devem fazer parte da sala de aula, não como dispositivos tecnológicos que imprimem certa modernização ao ensino, mas sim conhecer a potencialidade e a contribuição que as TICs podem trazer ao ensino como recurso e apoio pedagógico às aulas presenciais e ambientes de aprendizagem no ensino a distância (PEÑA, 2004, p. 10).

Contudo, para que esse cenário se modifique, é necessário que o Ensino de Ciências esteja centrado nas competências e habilidades a serem alcançadas quando se trata da exploração do campo científico, no caso do Ensino de Física significa fornecer instrumentos suficientes de modo que o cidadão consiga lidar e participar da sua realidade (BRASIL, 2002).

Assim, a perspectiva da contextualização deve estar presente no que transcende o ensino de Física e Ciências em geral. Os documentos oficiais também oferecem algumas justificativas para a contextualização, entre estas se destaca o processo de transposição didática. As Diretrizes Curriculares Nacionais do Ensino Médio (DCNEM) afirmam que:

(...) o tratamento contextualizado do conhecimento é o recurso que a escola tem de retirar o aluno da condição de expectador passivo. Se bem trabalhado permite que, ao longo da transposição didática, o conteúdo do ensino provoque aprendizagens significativas que mobilizem o aluno e estabeleçam entre ele e o objeto do conhecimento uma relação de reciprocidade (BRASIL, 1998, p. 42).

Freire (1985) ao discutir e promover uma educação problematizadora destaca a importância de se contextualizar, pois segundo o autor a problematização é o diálogo não apenas com a realidade do sujeito, mas também entre o professor e o aluno, a fim de que este se reconheça na representação e, a decodificação é a análise crítica e a exteriorização da visão de mundo do sujeito. Em outras palavras: “se reconhece na representação da situação existencial



‘codificada’, ao mesmo tempo em que reconhece nesta, objeto agora de sua reflexão, o seu contorno condicionante em e com que está com outros sujeitos” (FREIRE, 1985, p.114).

Dessa forma, as atividades experimentais se tornam recursos importantes na intervenção do professor, a esse ponto Oliveira (2010) destaca que:

Outras contribuições das atividades experimentais reportadas na literatura relacionam-se a aspectos formativos, à preparação do estudante para a cidadania, tais como: o *desenvolvimento da capacidade de trabalhar em grupo*, e o consequente aprimoramento de várias habilidades e competências, como divisão de tarefas, responsabilidade individual e com o grupo, negociação de ideias e diretrizes para a solução dos problemas, dentre outras (OLIVEIRA, 2010 p.25),

Nesse sentido, uma atividade experimental pode ser capaz de conceder ao conteúdo estudado uma maior representatividade e relevância para o estudante, ocasionando assim uma postura mais participativa, pois o assunto se torna mais presente na vida dos alunos. Além disso, a experimentação possui múltiplas finalidades e modalidades de utilização. Segundo Araújo e Abib (2003) as abordagens experimentais podem ser classificadas em: atividades de investigação, demonstração e verificação.

As atividades de investigação obedecem aos processos do ensino investigativo. Ao invés dos estudantes consultarem roteiros ou materiais orientadores, o intuito de um experimento investigativo é permitir que o aluno ao lidar com uma situação problema, colete dados, elabore e teste suas hipóteses para chegar à solução do problema.

As atividades experimentais demonstrativas são aquelas em que o próprio professor executa o experimento, enquanto os estudantes apenas observam essa ação. Geralmente experimentos desse tipo são utilizados para recordar algum conceito visto anteriormente, ou quando a quantidade de equipamentos não é suficiente para todos manusearem. Já as atividades experimentais de verificação são utilizadas após uma aula expositiva. Na maioria dos casos, embora os estudantes já tenham determinado conhecimento do conteúdo para esse tipo de experimento, uma lei ou teoria é testada no sentido de relacionar que foi observado ao que os alunos já sabem.

Outra abordagem conferida as atividades experimentais trata-se dos materiais utilizados para a execução das práticas experimentais. Espaços adequados, como laboratórios de Ciências são ambientes dotados de equipamentos e instrumentos capazes de ilustrar os fenômenos científicos. No entanto, quando não é proporcionado ao professor ambientes como esse, e que na maioria das vezes, se torna caro adquirir tais equipamentos, uma alternativa mais viável é trabalhar com materiais de baixo custo. Uma vez que, para alguns casos, esses materiais podem ser utilizados em sala de aula no sentido de reproduzir o fenômeno estudado.

Por fim, no campo das Ciências, o ato de utilizar recursos experimentais nas escolas, é oportuno, pois promove o interesse, a compreensão e significado de mundo científico, além de estimular a prática e metodologia científica como foco principal em experiências vivenciadas pelos próprios estudantes.

## **2.4 SEQUÊNCIA DIDÁTICA**

No cotidiano da sala de aula, a metodologia adotada pelos professores e professoras, em geral, é difundida apenas em aulas expositivas. A maioria dos professores ainda demonstra a Física através de equações sem levar em consideração outras vertentes que tornariam a disciplina, aos olhos dos estudantes, mais agradável. Com isso, a ausência de uma contextualização e de outras atividades que objetivam o foco no discente, dificultam a proposta de desenvolver um Ensino de Física e Ciência em geral, que permita ao estudante adquirir habilidades e competências especificadas pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC) do Ensino Médio (BRASIL, 2018).

Nesta lógica, quando se analisa a estrutura didática da disseminação dos conceitos e conteúdos em um molde tradicionalista da sala de aula, observa-se que o estudante tem dificuldade em alcançar habilidades e competências, já que os mecanismos desse tipo de ensino não proporcionam tal visão.

Em virtude disso, no intuito de inovar principalmente as aulas de Física, e até mesmo as demais áreas do saber, o uso de métodos alternativos se mostram valiosos quando se mensura os diversos resultados que podem ser alcançados com a prática docente. Seja por meio de estratégias articuladas na solução de desafios, construção científica utilizando a investigação como método de ensino, elementos dos jogos na ludicidade dos conceitos e teorias ou no maior engajamento de se propor trabalhos coletivos, cada uma delas deve propiciar ao estudante um Ensino de Ciências mais contextualizado e significativo.

Neste contexto, as chamadas Sequências Didáticas cumprem o papel de auxiliar o professor no que tange a abordagem em sala de aula. Para Nascimento (2009, p.69) as sequências didáticas “são os dispositivos de organização dos conteúdos a serem ‘didatizados’ sobre uma prática de referência”. Além disso, os documentos oficiais (BRASIL, 2006) demonstram que a elaboração de sequências didáticas permite ao professor incluir elementos diversos na execução e desenvolvimento das atividades em sala de aula. Inserir vídeos, jogos, simulações computacionais, experimentos, textos, entre outros meios que busquem contextualizar e elucidar os fenômenos científicos que destacam o conteúdo explorado,

demonstram-se pertinentes para todas as áreas do saber. No caso da disciplina de Física vão além da tradicional abordagem de trabalho da disciplina usando um perfil matemático e sem nexos com a vida do estudante.

A elaboração e execução de uma sequência didática também permite que o docente utilize instrumentos variados de avaliação, considerando desde a participação dos estudantes nas atividades até sua evolução em relação à compreensão do que está sendo ensinado. É importante destacar que ao elaborar uma sequência didática o educador pode ser mais autônomo na criação de atividades que reflitam o contexto de vida do estudante. E ao se apropriar de um material já pronto, salienta-se que nem sempre uma sequência didática servirá para determinada situação, dado que, a mesma fora formulada de acordo com a realidade que o autor estava inserido. Porém, nada impede que adaptações sejam feitas de forma também atender outros desígnios educacionais.

Seja por meio da criação ou apropriação de uma sequência didática, ambas ações, contribuem a ampliação na experiência e aprendizagem baseadas em regras de construção e reconstrução do conhecimento do estudante. Ademais, também ficando a cargo do docente mediar a dinâmica criada por ele mesmo.

## **2.5 VYGOTSKY: TEORIA SOCIOINTERACIONISTA**

Muitas das matrizes teóricas que focam no desenvolvimento humano como objeto de análise possuem um denominador comum: a demarcação da infância como marco inicial para a formação e expansão do intelecto da criança. Contudo, cada teoria procura atuar no seu campo de interesse no sentido de compreender os fatores (sejam eles culturais, sociais ou afetivos) que acompanham e condicionam as determinadas fases do crescimento mental do indivíduo. Não obstante a essa a sentença, um dos referenciais mais conhecidos no se refere ao entendimento e desenvolvimento da mente é a Teoria Sociointeracionista do psicólogo e sociólogo Vygotsky.

No pensamento vygotkiano a criança desde cedo está inserida em um mundo repleto de símbolos e sinais aos quais passam a se tornar recorrentes em sua vida. À maneira como essas representações se manifestam para ela, se dá de acordo com o meio social em ela vive. Como esclarece o autor: “desde os primeiros dias do desenvolvimento da criança, suas atividades adquirem um significado próprio num sistema de comportamento social” (VYGOTSKY, 2002, p. 40).

A partir disso, o pensamento e a linguagem passam a ser considerados recursos essenciais na vivência do ser humano. Segundo Ribeiro (2005), para Vygotsky a associação

desses dois instrumentos são muito importantes na constituição e formação do sujeito na sociedade, na internalização dos hábitos e comportamentos que contribuem para aperfeiçoar as características individuais de cada um. A localização do indivíduo no contexto em que se vive, se tornará mais clara por meio da interação de agentes culturais e sociais específicos.

No entanto, vale salientar que apesar de Vygotsky reconhecer o processo da interação fornecida pelo meio como princípio básico para o amadurecimento e o envolvimento da criança com os demais, um aspecto de grande destaque entranhado a esse processo é o mediador. A função do mediador para Vygotsky, segundo Oliveira (2002), é ser o elo intermediário e direcionador do elemento ou ação a serem aprendidos. E necessariamente, o mediador não precisa ser uma pessoa com formação acadêmica, mas alguém que por exemplo, corrija a criança proibindo que ela repita um gesto ou que profira alguma palavra inapropriada.

Avançando para um espaço mais privilegiado para se entender as condições em que o papel da mediação ocorre, tem-se a escola como lugar de *status*. É neste ambiente que acontece os processos de interação e mediação na relação das trocas entre parceiros sociais. A intervenção com o outro que possui suas próprias singularidades culturais, históricas ou sociais é indispensável no sentido de se trabalhar com o estudante individualmente ou coletivamente fazendo assim, com que ele seja capaz de lidar com as diferenças presentes no ambiente. A mediação na escola passa a ter uma relação mais profunda do aluno com a aprendizagem. Nas palavras de Oliveira (2010),

A implicação dessa concepção de Vygotsky para o ensino escolar é imediata. Se o aprendizado impulsiona o desenvolvimento, então a escola tem um papel essencial na construção do ser psicológico adulto dos indivíduos que vivem em sociedades escolarizadas. Mas o desempenho desse papel só se dará adequadamente quando, conhecendo o nível de desenvolvimento dos alunos, a escola dirigir o ensino não para etapas intelectuais já alcançadas, mas para estágios de desenvolvimento ainda não incorporados pelos alunos, funcionando realmente como um motor de novas conquistas psicológicas. Para a criança que frequenta a escola, o aprendizado escolar é elemento central no seu desenvolvimento (OLIVEIRA, 2010 p. 65).

Neste sentido, o ato de mediar o conhecimento é dado ao professor que nesta posição atua na promoção de gerar discussões em sala de aula, seja por meio de atividades em grupos na leitura de textos, na execução de experimentos jogos ou vídeos, entre outros aparatos. Em outras palavras, o docente agindo como mediador estimula o que Vygotsky chama de Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) que é

A distância entre o atual nível de desenvolvimento determinado pela capacidade de resolver um problema individualmente e o nível de desenvolvimento potencial determinado por meio da capacidade de resolver um problema sob a orientação de um adulto ou em colaboração com um colega mais capaz (VYGOTSKY, 1987, p. 86).

Assim, dentro da definição de ZDP, o autor apresenta dois níveis de desenvolvimento fundamentais que integram o processo da construção do cognitivo do indivíduo: o nível de desenvolvimento real e o nível de desenvolvimento potencial. O primeiro se refere à capacidade da criança agir individualmente na resolução de problemas; enquanto no segundo, a solução dos problemas acontece quando a criança age em coletivo ou quando as ações são instruídas pelo professor ou por um outro adulto.

Com isso, ao introduzir esse termo, Vygotsky expressa que a aplicação da mediação do docente em sala de aula se bem direcionada pode elevar o potencial dos estudantes quanto aos argumentos levantados para a solução de problemas, sendo esses argumentos registrados individualmente ou da ação em pares.

No entanto, segundo Alves (2005), Vygotsky enfatiza que não há uma constância na ZDP, isso porque crianças na mesma faixa etária (ou mesma idade mental) podem apresentar nível diferentes de desenvolvimento real, apesar de participarem de uma mesma abordagem característica da ZDP podem alcançar resultados distintos quando se analisa o quanto progrediram no nível do desenvolvimento potencial.

Uma das primeiras correspondências da criança com o ambiente ao seu redor é derivada da observação. Ela interpreta o mundo ao seu modo e muitas vezes demonstra isso através da imitação. A esse mecanismo, segundo Alves (2005), Vygotsky manifesta o princípio do uso da imitação, inicialmente como sendo limitado ou de mera reprodução de uma determinada ação sem abstrair mais informações do ato, como fator de relevância para se trabalhar a ZDP, possibilitando a criança dominar e aprender outras ações sob orientação de um adulto.

De acordo com Vygotsky (1984a, p. 101) “o aprendizado adequadamente organizado resulta em desenvolvimento”. Nessa perspectiva, à medida em que a criança cresce, outros aparatos podem ser explorados no sentido de despertar as funções que estão no campo da ZDP.

De modo geral, para se promover a aprendizagem em sala de aula, o pontapé inicial para o professor é saber como explorar o que o estudante já sabe. Fora do muro da escola o aluno frequenta ambientes diversos, ricos em informações que de certa forma influenciam no seu modo de pensar e encarar as situações cotidianas. Entrementes, ao apresentar o conteúdo da disciplina para o estudante, levando em consideração seu conhecimento cotidiano, permite o professor perceber as mudanças atitudinais e argumentativas dos estudantes no decorrer da abordagem. Nas palavras de Vygotsky,

O professor desempenha um papel ativo no processo de educação: modelar, cortar, dividir e entalhar os elementos do meio para que estes realizem o objetivo buscado. O processo educativo, portanto, é trilateralmente ativo: o aluno, o professor e o meio existente entre eles são ativos (VYGOTSKY, 2003, p. 79).

Dessa forma, além de contribuir para a aprendizagem do aluno, torna possível também explorar as temáticas sob diversas perspectivas: “a partir da necessidade sentida pelas escolas, professores e alunos de explicar, compreender, intervir, mudar, prever, algo que desafia uma disciplina isolada e atrai a atenção de mais de um olhar, talvez vários” (BRASIL, 2002, p. 88-89).

Nesta lógica, quando se analisa a estrutura didática da disseminação dos conceitos e conteúdos em um molde tradicionalista da sala de aula, observa-se que o estudante tem dificuldade em alcançar habilidades e competências, já que os mecanismos desse tipo de ensino não proporcionam tal visão. Em contrapartida, a figura do professor pode contribuir com um ensino mais diversificado. Em suas nuances, as ações são pensadas de modo a possibilitar ao estudante ao pensamento crítico e ser o foco principal da aprendizagem, não somente do conteúdo em questão, mas no sentido de ser o agente ativo quanto à sua jornada escolar e desta com reflexos na sociedade.

Quanto a importância concedida ao professor, outros autores como Bacich e Moran (2018) enfatizam que o educador precisa ser mais autônomo na criação de atividades que reflitam a realidade do estudante. Isto é, a ampliação na experiência e aprendizagem baseadas em regras de construção e reconstrução do conhecimento. Ademais, também ficando a cargo do docente mediar a dinâmica criada por ele mesmo.

Assim, no âmbito escolar, no decorrer do processo de aprendizagem do estudante durante a mediação, certas estratégias como o uso de contextos cotidianos, experimentações ou outras intervenções que fogem do estilo tradicional de ensino são bem-vindas com o objetivo de estimular os chamados conceitos espontâneos (trazidos pela vivência cotidiana dos estudantes) e modificando-os em conceitos científicos (VYGOTSKY, 2001). A relação entre esses dois conceitos faz parte dos processos ensino-aprendizagem e desenvolvimento da ZDP do indivíduo.

### **3. METODOLOGIA**

#### **3.1 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA**

Antes da confirmação da Pandemia do COVID-19, em alguns encontros com meu orientador, já havíamos estabelecido alguns pontos importantes para o direcionamento de minha pesquisa. Com isso, além das disciplinas em curso, minha tarefa se resumiu em fazer levantamentos bibliográficos de assuntos relacionados ao tema e dar corpo ao projeto. Em meados de julho de 2020, grande parte do esboço do trabalho de minha pesquisa já estava pronto. Nesta ocasião esperava-se que após três meses de prevenção e isolamento social, a pandemia pudesse ter tido um maior controle. Entretanto, devido ao aumento da pandemia e a imprecisão do tempo de duração da mesma, trouxe-nos uma nova realidade para nossa ideia inicial, pois a essa altura deveríamos mudar nossas ações considerando o prolongamento do isolamento social e o impedimento das atividades presenciais. Com isso, nosso modelo metodológico inicial passou para um novo formato, essa seria a primeira mudança do projeto antes de tentar submetê-lo a Plataforma Brasil.

Nesta sequência, considerando o aumento da pandemia, e observando minha experiência em atividades de docência de forma remota, baseando-se na dificuldade de respostas e acompanhamento dos alunos nos encontros pelo Google Meet, no envio das tarefas programadas, além do recolhimento de dados por meio de formulários eletrônicos, foi observado que as ações à distância em uma escola distrital, afastada de Ouro Preto/MG cerca de 30 km, não seria um bom modelo para aplicação da “nova” metodologia. Foi observado alguns problemas no decorrer de minhas aulas durante a pandemia, que nos levou a repensar outra proposta de planejamento:

- ▶ Baixo acesso à internet por parte dos discentes e dificuldade de interação entre eles. Com a ausência dos estudantes não dava para manter uma sequência de ensino, uma vez que, a cada encontro não apareciam os mesmos alunos;

- ▶ Poucos estudantes davam retorno quanto à entrega das atividades e exercícios;

- ▶ Grande parte dos estudantes moravam em áreas com ausência na cobertura de rede de celular ou de internet e também não possuíam computadores ou celulares próprios (já que muitos utilizavam os celulares dos pais para se comunicar com a escola ou com os professores sobre o andamento das atividades);

- ▶ Com as consequências da pandemia, muitos estudantes optaram por trabalhar para ajudar economicamente suas famílias. Assim, sua carga horária escolar passou a ser medida pelas atividades entregues na escola, não tendo, a obrigatoriedade de acompanharem as aulas

com assiduidade;

► O baixo nível de participação também se deu por causa dos impactos à saúde mental alguns estudantes passaram a lidar com diversos problemas familiares, que já existiam e vieram a piorar com a pandemia ou que surgiram com ela.

Em decorrência dos fatores citados e da dificuldade em lecionar os conteúdos da disciplina, a metodologia inicialmente alterada para o formato remoto, necessitou passar por um novo remodelamento. Assim, a proposta metodológica que seria submetida à plataforma Brasil para avaliação, precisou novamente passar por mudanças. Com isso, antes de darmos entrada na proposta na Plataforma Brasil, optamos por alterá-la novamente, agora considerando à possibilidade de ações no formato híbrido. Após as adequações necessárias no planejamento da proposta, o projeto foi submetido no início do segundo semestre de 2021 à Plataforma Brasil.

Considerando as mudanças de planejamento por causa da pandemia do COVID-19 e o tempo de espera da aprovação do Comitê de Ética, neste mesmo período foram preparadas instrumentações e oficinas experimentais construindo uma sequência didática que pode ser aplicada, tanto no formato remoto (para situações emergenciais), como no formato híbrido, atendendo a qualquer escola de periferia, distrito, ou de grandes centros.

### **3.2 APLICAÇÃO DAS ATIVIDADES DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA**

O público alvo em que as atividades foram desenvolvidas se tratou de uma turma do 3º ano do Ensino Médio com 22 alunos de uma escola localizada em um distrito da cidade de Ouro Preto.

A proposta deste trabalho trata-se de uma sequência didática que tem como foco estudar o ensino-aprendizagem de conceitos da Óptica Geométrica e de Física Moderna. A seguir serão apresentados dois tópicos trabalhados, bem como a descrição de cada uma etapas realizadas em sala de aula.

#### **3.2.1 - TEMA 1: FORMAÇÃO E DECOMPOSIÇÃO DA LUZ BRANCA**

A proposta dessa atividade foi trazer para os estudantes uma compreensão inicial da formação e decomposição da luz branca, além de suas principais características de frequência e comprimento de onda. A partir disso, tal abordagem trata-se de um assunto introdutório aos fenômenos relacionados a Física Moderna.



✓ Etapa 1: Experimento Disco de Newton – Formação da Luz Branca

O Disco de Newton se trata de um dispositivo usado para a demonstração da combinação de cores. O experimento recebe esse nome devido a descoberta que Newton fez ao provar que a luz branca era composta pelas sete cores do arco-íris. A ideia desse primeiro momento foi propor a construção e reprodução do experimento do Disco de Newton (Figura 9).

Assim, usando materiais de baixo custo tais como, caixas de lápis de cor; cola; barbante; molde para a divisão das cores; molde circular, podendo ser um CD ou um pedaço de papelão cortado em círculo, os estudantes procederam da seguinte maneira para montarem o experimento: recortaram e colaram o disco colorido no CD, passando o barbante pelos dois furos próximos ao centro (como procedimento de segurança os furos foram feitos pelo próprio professor). Em seguida, amarram as duas pontas de modo que cada lado do disco ficou com a mesma distância de barbante. E por fim, fizeram movimentos circulares para enrolar o barbante, observando depois o que aconteceu assim que o barbante se desenrolasse.

Ao entrar em movimento, à medida que o disco girasse cada vez mais rápido, à percepção da sobreposição das cores resultaria em um disco mais esbranquiçado. Com os resultados encontrados da prática, foi possível iniciar uma discussão em sala de aula a respeito da relação das sete cores do disco como a cor branca.

**Figura 9:** Disco de Newton.



Fonte: [https://www.fisica.ufmg.br/biblioteca/wp-content/uploads/sites/5/2020/05/newton\\_20200505b.pdf](https://www.fisica.ufmg.br/biblioteca/wp-content/uploads/sites/5/2020/05/newton_20200505b.pdf) Acesso: 20 de mar de 2023

✓ Etapa 2: Prisma de Newton – Decomposição da Luz Branca

Em virtude do que pôde ser observado com o experimento do Disco de Newton, iniciou-se esta etapa com uma problematização que associou o cotidiano dos estudantes com as sete cores usadas. O intuito da questão foi com que eles correspondessem o fenômeno do arco-íris

com as cores apresentadas no disco. Posteriormente, foram explorados dois conceitos ópticos para a explicação da formação de um arco-íris. O primeiro deles a Refração da Luz. Para esboçar o referente fenômeno foi utilizado o experimento do lápis no copo com água, de maneira que os alunos observassem que o efeito observado provinha da mudança de meio da passagem da luz do ar para a água (Figura 10).

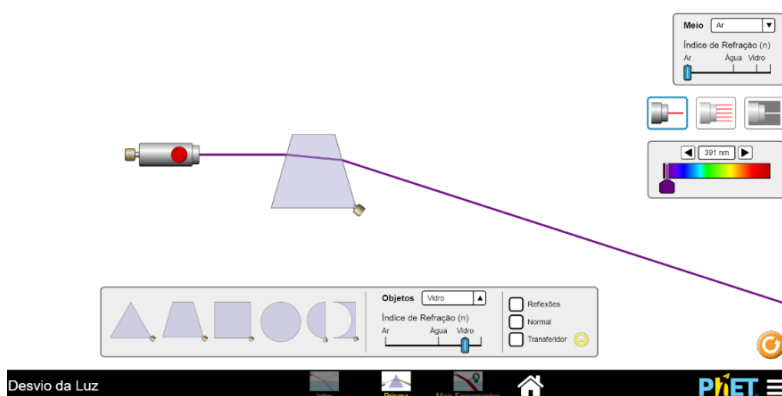
**Figura 10:** Exemplo do conceito da Refração da Luz ao se demonstrar um canudo, em posições diferentes, em um copo com água.



Fonte: [https://www.fisica.ufmg.br/biblioteca/wp-content/uploads/sites/5/2020/05/newton\\_20200505b.pdf](https://www.fisica.ufmg.br/biblioteca/wp-content/uploads/sites/5/2020/05/newton_20200505b.pdf) Acesso: 20 de mar de 2023

Já para o segundo conceito foi utilizada uma simulação computacional do *phet colorado* chamada Desvio da Luz: Prisma. Essa simulação possibilita compreender como a luz, seja ela a luz branca ou monocromática interage com determinados objetos transparentes e de diferentes formatos (Figura 11). A simulação possui recursos como alteração do objeto a ser escolhido, o tipo de material que é feito o objeto, a possibilidade da troca da cor da fonte monocromática, a opção da fonte ser de luz branca, além da troca do meio pelo qual o feixe de luz atravessa.

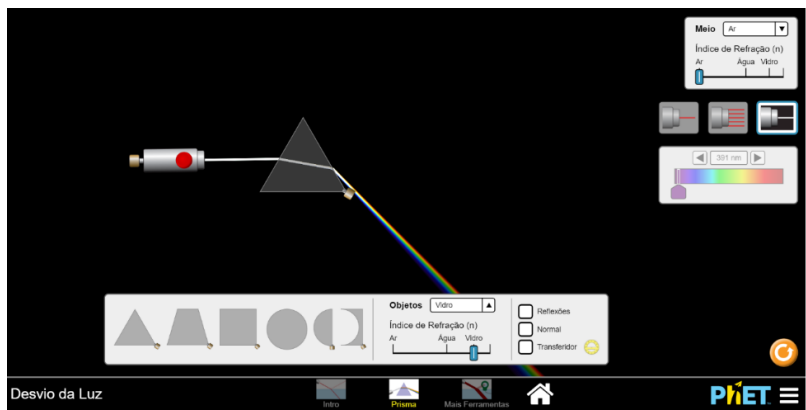
**Figura 11:** Luz monocromática atravessando um objeto de vidro no formato de um trapézio.



Fonte: [https://phet.colorado.edu/sims/html/bending-light/latest/bending-light\\_pt\\_BR.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/bending-light/latest/bending-light_pt_BR.html). Acesso: 10 de out de 2022

Assim, para a proposta em questão configurou-se a simulação da seguinte forma: objeto no formato de prisma e fonte de luz branca (Figura 12). Com o resultado da simulação foi possível fazer uma analogia de uma gota de água com o prisma, além de ter sido possível discutir os conceitos de Refração e Dispersão da Luz com os estudantes no momento em que a luz branca atravessou o prisma e fazendo por fim, uma correspondência à formação do arco-íris na atmosfera.

**Figura 12:** Feixes provenientes de uma fonte de luz branca atravessando um prisma de vidro.

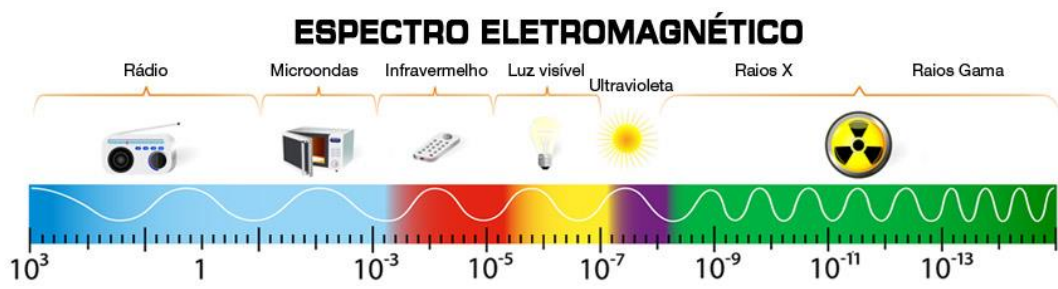


Fonte: [https://phet.colorado.edu/sims/html/bending-light/latest/bending-light\\_pt\\_BR.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/bending-light/latest/bending-light_pt_BR.html). Acesso: 10 de out de 2022

✓ Etapa 3: Luz como onda eletromagnética

Inicialmente foi discutido com os estudantes o conhecimento que eles detinham a respeito do conceito de onda. Em seguida, por meio de uma aula expositiva foram explanados os tipos de ondas existentes bem como as categorias de uma onda eletromagnética. Com o auxílio de uma figura (Figura 13) ainda foi possível classificar a luz como uma onda eletromagnética, bem como especificar os conceitos de frequência e comprimento de onda referentes a cada um dos sete tipos de ondas eletromagnéticas.

**Figura 13:** Espectro eletromagnético: categorização das ondas eletromagnéticas.



Fonte: [https://www.apoioescolar24horas.com.br/salaaula/estudos/fisica/035\\_ondas/](https://www.apoioescolar24horas.com.br/salaaula/estudos/fisica/035_ondas/). Acesso: 10 de out de 2022

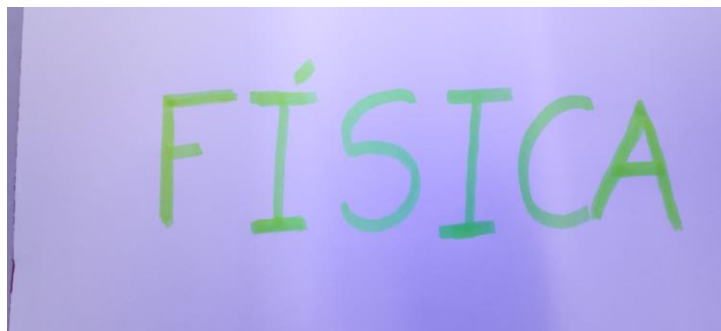
### 3.2.2 - TEMA 2: EFEITO FOTOELÉTRICO

Certos dispositivos tecnológicos funcionam mediante a presença ou pela ausência de luz. Nesse sentido, essa atividade buscou analisar como a luz interage com esses aparatos e quais os efeitos observados dessa interação, tomando como base alguns conceitos que envolvem o campo da Física Moderna, mais especificamente, o efeito fotoelétrico.

#### ✓ Etapa 1: Experimento Fluorescência

O início dessa etapa se deu pela execução do experimento da Fluorescência pelos estudantes. Foram utilizados os seguintes materiais: telefone celular com flash, fita adesiva transparente, marcador de texto, marcador permanente azul e papel A4. Os procedimentos realizados por eles para a prática foram os seguintes: os estudantes colaram um pedaço de fita adesiva sobre o flash do celular e pintando-o de azul utilizando o marca texto permanente, assim repetiram o processo por mais cinco vezes (até conter 6 camadas). Em seguida, utilizando o marcador de texto, escreveram algo na folha de papel A4. E para uma melhor visualização do experimento apagaram as luzes e acenderam o flash do celular iluminando a palavra (Figura 14).

**Figura 14:** Efeito da fluorescência sobre a palavra escrita.



Fonte: elaborado pelo autor.

Na sequência, iniciou-se uma discussão partir das observações registradas a respeito do fenômeno e da diferença de se ter usado o *flash* normal e o *flash* modificado (adaptação feita no *flash* da câmera, conforme as orientações da montagem do experimento). O intuito dessa abordagem foi verificar se os estudantes reconheciam o fenômeno e a sua relação com determinado tipo de fonte utilizado, além de citarem exemplos dos tipos de situações cotidianas relacionadas com a fluorescência.

Após a apresentação do fenômeno, foi articulado com os estudantes a relação da interação da luz com determinados dispositivos, e a partir disso, a introdução do conceito dos *fótons* e sua comunicação com os elétrons dos materiais com a absorção de energia.

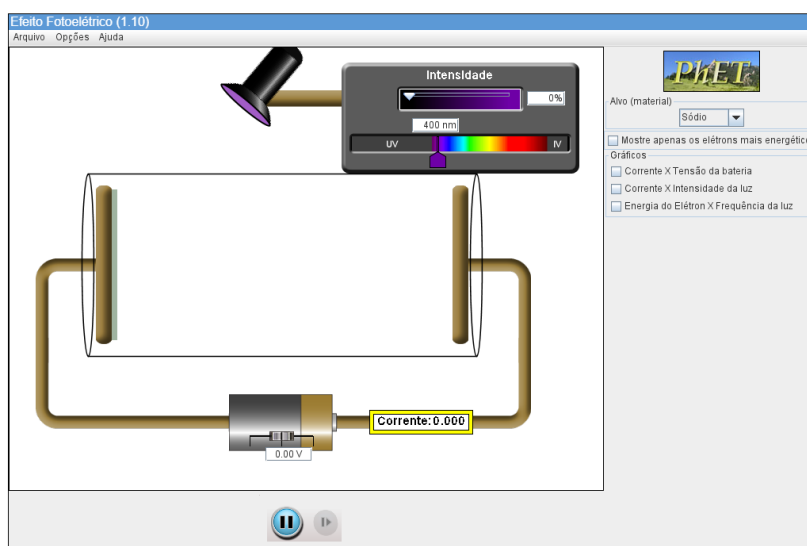
✓ Etapa 2: Simulação Efeito Fotoelétrico

Em aprofundamento ao que foi registrado na etapa do experimento da fluorescência, nesta etapa em questão, iniciou-se a abordagem com uma contextualização do cotidiano dos estudantes sobre o funcionamento das portas automáticas. Após uma breve discussão das respostas a essa problematização, foi explorada a simulação computacional do *phet colorado*, chamada Efeito Fotoelétrico (Figura 15).

A simulação, como o próprio nome sugere, teve como a finalidade de demonstrar para os alunos o princípio de funcionamento de alguns aparelhos em virtude da interação dos *fótons* com os elétrons dos materiais que compunham esses aparelhos. Além disso, ela apresenta comandos como alteração da intensidade da fonte, cor da fonte a ser utilizada, visibilidade dos *fótons* e dos elétrons e mostrador da corrente no circuito.

Com isso, após a modificação de comandos como mudança de material, aumento e diminuição da intensidade, alterações da cor pôde-se discutir pontos como: mudar a intensidade da luz afetou ou não a corrente e a energia dos elétrons, a alteração do comprimento de onda da luz afetou ou não a corrente e a energia dos elétrons, mudar a voltagem da luz afetou ou não a corrente e a energia dos elétrons, e se alterasse o material do alvo afetaria a corrente e a energia dos elétrons. Em complemento, foi possível explicar o funcionamento das portas automáticas a partir das observações obtidas da simulação.

**Figura 15:** Simulação do efeito fotoelétrico.



Fonte:

[https://phet.colorado.edu/sims/cheerpj/photoelectric/latest/photoelectric.html?simulation=photoelectric&locale=pt\\_BR](https://phet.colorado.edu/sims/cheerpj/photoelectric/latest/photoelectric.html?simulation=photoelectric&locale=pt_BR). Acesso: 10 de out de 2022

### **3.3 REGISTRO E COLETA DOS DADOS**

Nesse trabalho a sequência didática foi aplicada utilizando aparatos experimentais em uma abordagem qualitativa, através de relatórios das atividades didáticas, questionários com os sujeitos da pesquisa e o uso de mídia digital no formato de vídeos e áudios que podem ser aplicados via internet, possibilitando sua utilização como materiais didáticos de apoio nas aulas. Esses recursos midiáticos constituem em uma nova alternativa de ensino, podendo ser explorados em diferentes locais, permitindo maior flexibilidade tanto nas aulas presenciais, como nas aulas à distância. A pesquisa foi realizada através de questões discursivas e de múltipla escolha dos fenômenos científicos apresentados, caracterizadas por situações problemas e mediante a observação dos recursos de mídia (vídeo e áudio) gravados das atividades desenvolvidas durante as intervenções com a aplicação da sequência didática apresentada na escola pública parceira de Ouro Preto/MG. As interações dialógicas foram transcritas de maneira que puderam ser posteriormente analisadas (STUCHI *et al*, 2003).

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A seguir serão apresentadas as discussões dos resultados alcançados durante as intervenções realizadas com a turma do 3º ano do Ensino Médio. Buscou-se coletar os dados por meio de gravações feitas durante as aulas de Física e pelas respostas das atividades respondidas em casa pelos estudantes.

Baseando-se nas transcrições dos diálogos ocorridos em sala de aula, e nas atividades realizadas em casa, conforme as Tabelas 1, 2 e 3 demonstradas abaixo, evidenciou-se por meio da Teoria Sociointeracionista de Vygotsky a inter-relação professor e aluno e pela ação entre parceiros mais capazes no processo de aprendizagem dos estudantes ao longo de cada intervenção (VYGOTSKY, 2001). Destacamos vários trechos que demonstram as intervenções realizadas pelo professor, a troca de opiniões entre os estudantes e as hipóteses que os próprios estudantes se apoiaram para explicar o que observaram dos experimentos e nas simulações trabalhados.

A Tabela 1 a seguir apresenta as discussões registradas em sala de aula do tema FORMAÇÃO E DECOMPOSIÇÃO DA LUZ BRANCA para a 1ª Etapa que demonstra o momento em que os estudantes construíram e executaram o experimento do Disco de Newton, e a partir do que observaram se iniciou uma discussão que envolveu a relação das cores do disco com a cor branca. As figuras encontradas nessa tabela servem para ilustrar o que foi trabalhado com os estudantes, além dos próprios experimentos e simulações utilizados por eles.

**Tabela 1:** Descrição das discussões em sala de aula para o tema Formação e Decomposição da Luz Branca – 1ª Etapa

##### 1ª Etapa: Experimento Disco de Newton – Formação da Luz Branca

**Figura 16:** Materiais usados na construção do experimento do Disco de Newton.



Fonte: elaborado pelo autor

**Figura 17:** Execução da prática do Disco de Newton.



Fonte: elaborado pelo autor

Professor: O que vocês observaram quando fizeram o disco girar? (Figuras 16 e 17)

Aluno 10: Por mais que tenha sete cores, as cores que mais predominaram foram o azul e o roxo.

Aluno 7: Quando eu girei o meu ficou mais próximo do vermelho.

Aluno 12: Parece que as cores ficam mais nítidas.

Aluno 4: Não, não dá pra ver todas as cores não, predomina o vermelho e o alaranjado.

Professor: E qual a aparência que dá ao disco com a mistura dessas cores?

Aluno 15: Parece que ao girar o disco as cores ficam mais fortes no centro e nas bordas ficam mais claro, quase branco.

Professor: Então o que vocês podem observar da junção das cores quando o disco gira?

Aluno 20: Também o jeito de girar e a rapidez faz com que se veja de forma diferente.

Professor: Vocês acham que a velocidade influencia?

Aluno 6: Acho que a velocidade influencia, porque quanto mais rápido roda, mais clarinho fica.

Aluno 4: Aluno 2 roda de novo e mais rápido pra ver.

Professor: Depois que o colega de vocês girou o disco o que pode ser observado?

Aluno 5: Que quando ele girou o disco dele ficou bem parecido com o branco.

Aluno 11: Que o jeito de manter o disco girando mais rápido ficou branco.

Professor: Portanto, o que podemos concluir com a combinação dessas sete cores?

Alunos 1 e 2: Da o branco.


Professor: Exatamente. A combinação das setes cores provocadas pelo giro do disco deu surgimento à cor branca.

Fonte: dados do autor



A Tabela 2 a seguir apresenta as discussões registradas em sala de aula do tema FORMAÇÃO E DECOMPOSIÇÃO DA LUZ BRANCA para a 2ª Etapa que demonstra o momento em que o professor utilizou o experimento do canudo partido em um copo com água e uma simulação computacional do PHET COLORADO (Desvio da Luz) para introduzir os conceitos de refração e dispersão da luz. As figuras encontradas nessa tabela servem para ilustrar o que foi trabalhado com os estudantes, além dos próprios experimentos e simulações utilizados por eles.

**Tabela 2:** Descrição das discussões em sala de aula para o tema Formação e Decomposição da Luz Branca – 2ª Etapa

2ª Etapa: Prisma de Newton – Decomposição da Luz Branca
<p>Professor: Em que momento do dia-a-dia de vocês essas sete cores irão aparecer?</p> <p>Aluno 3: Nas árvores, nas coisas, no sol.</p> <p>Professor: Mas essas cores todas juntas? Algo que vocês conseguem notar todas ao mesmo tempo?</p> <p>Aluno 21: Só se for no arco-íris.</p> <p>Professor: Exatamente o arco-íris. Vocês não conseguem perceber exatamente essas cores que aparecem no céu? E vocês acham que o arco-íris vem de onde, qual é a origem dele? (Figura 18)</p> <p style="text-align: center;"><b>Figura 18:</b> Formação do arco-íris na atmosfera.</p> <div style="text-align: center;"></div> <p style="text-align: center;">Fonte: Hewitt (2015).</p> <p>Aluno 16: Da água</p> <p>Aluno 22: Dos reflexos no céu ou algo parecido.</p> <p>Aluno 5: Gotas de chuva com os raios do sol.</p> <p>Aluno 3: Quando você pega um pouco de água e borrifa no ar o arco-íris aparece.</p> <p>Professor: Então precisamos da interação da luz do sol com as gotículas de água presentes na atmosfera. Mas para explicar a vocês como ocorre a formação do arco-íris, precisamos saber de</p>

dois conceitos importantes. O primeiro deles é quando observamos esse canudo dentro do copo com água. O que vocês observam? (Figura 19)

**Figura 19:** Representação da refração da luz.



Fonte: elaborado pelo autor

Aluno 4: O canudo é reto, mas parece que dentro da água fica com ângulo diferente.

Aluno 15: Isso. Parece que ele está cortado e faz uma curva dentro da água.

Aluno 3: Que do lado de fora ele é fino e dentro da água ele é grosso.

Aluno 18: Ele está partido

Aluno 14: Ele está maior

Aluno 5: Ele se distorce dentro da água.

Aluno 17: Se você pegar algo pra ver através da água, ela dá um zoom, ela aumenta.

Professor: Cada uma das coisas que vocês observaram só foi possível com a interação da luz com a água. Se compararmos o encontro de um raio de sol com uma gota de água da mesma forma que a luz com a água que está no copo, podemos dizer que a luz encontrou um meio diferente. Isso acontece porque ela vem de qual meio?

Aluno 19: Do ar.

Professor: E quando a luz chega no copo ela encontra?

Aluno 8: A água.

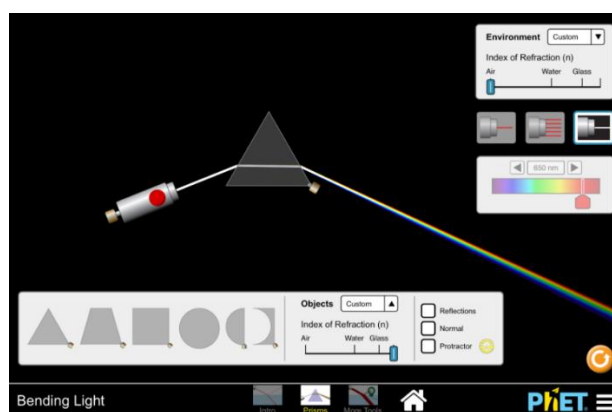
Professor: Por esse motivo então, podemos dizer que a luz refrata. Ou seja, ela sai de um meio e encontra outro meio totalmente diferente. Com isso, ela muda sua velocidade de propagação e por isso que vemos o canudo partido e ampliado. E da mesma forma acontece quando a luz encontra uma gota de água no ar. Mas ainda não é suficiente para o arco-íris aparecer.

Aluno 9: Por isso que vemos as coisas um pouco diferentes através da água.

Aluno 1: Ou quando estamos na beira de uma piscina e vemos parte do nosso corpo dentro da água maior.

Professor: Isso mesmo. Com a simulação que vou mostrar a vocês, vamos poder realmente ver a formação do arco-íris. Vamos imaginar que o prisma seja a gota de água, e que os raios de sol a atravessam. No primeiro momento vimos o que aconteceu no experimento do copo com água. A luz sofreu um pequeno desvio dentro do prisma, então ela refratou. E o que temos quando ela sai novamente do prisma? (Figura 20)

**Figura 20:** Aplicação da simulação computacional desvio da luz.



Fonte: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulations/bending-light](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/bending-light). Acesso: 10 de nov de 2022

Aluno 12: A luz se dividiu nas cores do arco-íris.

Aluno 22: O aparecimento das setes cores do arco-íris.

Aluno 4: O desvio que a luz sofreu dentro do prisma fez ela se decompor nas cores do disco.

Professor: Exato. E chamamos isso de dispersão. Que é quando a luz branca se decompõe nas cores que a formam. As cores do arco-íris.

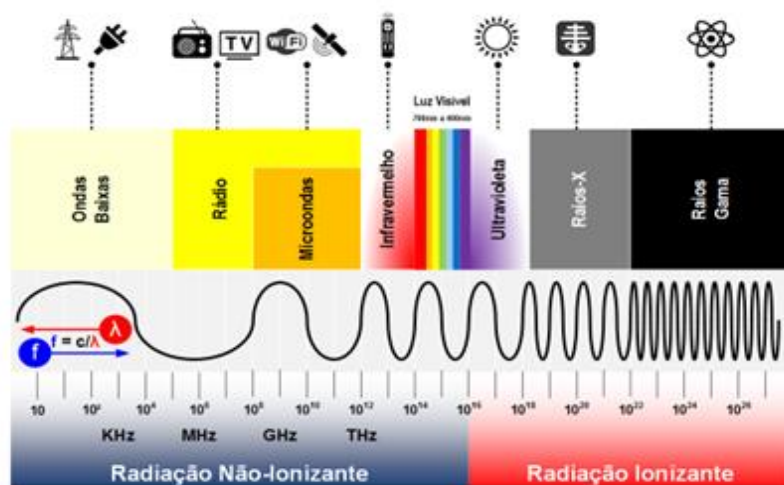
Fonte: dados do autor

A Tabela 3 a seguir apresenta as discussões registradas em sala de aula do tema FORMAÇÃO E DECOMPOSIÇÃO DA LUZ BRANCA para a 3ª Etapa que demonstra o momento da abordagem do conceito de ondas eletromagnéticas e as diferentes faixas do espectro eletromagnético de acordo com as frequências e comprimentos de onda. As figuras encontradas nessa tabela servem para ilustrar o que foi trabalhado com os estudantes, além dos próprios experimentos e simulações utilizados por eles.

**Tabela 3:** Descrição das discussões em sala de aula para o tema Formação e Decomposição da Luz  
Branca – 3ª Etapa

3ª Etapa: Luz como onda eletromagnética
<p>Professor: Quando eu menciono a palavra onda. O que vem à mente de vocês?</p> <p>Aluno 7: Micro-ondas de cozinha.</p> <p>Aluno 9: Ondas do mar.</p> <p>Aluno 11: Ondas sonoras.</p> <p>Aluno 8: Ondas radioativas que são muito perigosas.</p> <p>Aluno 5: Ondas eletromagnéticas</p> <p>Professor: Ótimo. Além de terem me dado exemplos de onde as ondas podem ser encontradas, ainda me deram categoriais diferentes de onda e uma das classificações para a onda. Vocês podem me falar a diferença entre elas?</p> <p>Aluno 13: eu consigo ver as ondas no mar e as outras não.</p> <p>Professor: O que te faz ver a onda no mar e não as outras?</p> <p>Aluno 2: O movimento da água.</p> <p>Professor: Então no caso das ondas do mar, temos a água para expressar o movimento da onda e nos outros exemplos, não. Certo? Pois bem, com os exemplos mencionados por vocês, podemos classificar a onda em dois tipos: as ondas mecânicas e as ondas eletromagnéticas.</p> <p>Aluno 3: E qual a diferença entre elas?</p> <p>Professor: Podemos dizer que as ondas do mar são classificadas como ondas mecânicas, porque precisam de um meio para se propagar. Neste caso a água. As ondas sonoras também, mas neste caso elas precisam da vibração das partículas no ar, só assim que vocês conseguem me ouvir falar. Agora os demais exemplos não precisam de um meio para se propagar e chamamos esse tipo de onda, de onda eletromagnética. Assim como a luz do sol que viaja centenas de milhares de quilômetros até chegar na Terra.</p> <p>Aluno 21: Então o sinal de celular também é uma onda eletromagnética, né?</p> <p>Aluno 20: O <i>wifi</i> também, né?</p> <p>Professor: Sim, a respeito das ondas eletromagnéticas temos a divisão delas em sete categorias. O que difere um tipo de onda de outro tipo são suas frequências e comprimentos de onda. Na figura que vocês estão vendo, quanto mais a direita estiver um tipo de onda eletromagnética, mais energia ela libera, ou seja, podemos dizer que a sua frequência é alta (Figura 21).</p>

**Figura 21:** Diferentes faixas do espectro eletromagnético de acordo com as frequências e comprimentos de onda.



Fonte: <http://labcisico.blogspot.com/2013/03/o-espectro-eletromagnético-na-natureza.html>. Acesso: 10 de out de 2022

Aluno 6: Por isso que certos elementos que têm radiação são perigosos, como o céscio?

Aluno 13: Então por isso que se expor ao sol também é perigoso?

Professor: Exatamente. Pois a energia liberada é extremamente alta e pode prejudicar a vida do ser humano. No caso da luz, ela está numa faixa que chamamos de espectro eletromagnético visível. No espectro eletromagnético vemos certas cores, pois cada cor possui sua própria frequência, e como as frequências limitam nossa visão, observamos que dá cor violeta para a direita do espectro ou da cor vermelha para a esquerda do espectro, o olho humano não é capaz enxergar.

Fonte: dados do autor

A Tabela 4 a seguir demonstra algumas das respostas para as atividades realizadas no ensino à distância pelos estudantes. Essas atividades correspondem os conceitos abordados no tema FORMAÇÃO E DECOMPOSIÇÃO DA LUZ BRANCA (Tabelas 1, 2 e 3).

**Tabela 4** – Respostas das atividades realizadas no ensino à distância pelos estudantes.

ATIVIDADES EXTRACLASSE	
Questão 1	
Analise a seguinte frase:	
“Graças à luz do sol, todos os seres vivos enxergam as cores e tamanhos dos objetos da mesma forma”	
a)	Você concorda com a afirmação acima? Por quê?
b)	Como você acha que a luz interage com os objetos de maneira que possamos distinguir

principalmente as cores?

c) Se a fonte luminosa for trocada, conseguimos ver as coisas da mesma maneira? Explique

#### ALGUMAS DAS RESPOSTAS COLHIDAS:

a) “Não. Porque nem todo mundo enxerga da mesma forma, por exemplo as pessoas daltônicas”

“Não. Pois cada um enxerga a luz e a radiação de formas diferentes”.

“Não. Pois cada pessoa enxerga as cores e os tamanhos dos objetos de formas diferentes”.

“Não, pois além da intensidade e dependendo da fonte de luz as cores podem variar”.

b) “Pelo reflexo”.

“Porque sem a luz nós não enxergaríamos as outras cores, só o preto”.

c) “Não, pois a luz que reflete de uma fonte muda a forma que você vê o objeto”.

“Não. Se a fonte for trocada o aparecimento das cores não será igual quando a fonte que reflete é o sol”

“Não, pois a luz vai refletir de uma forma, e se mudar a fonte, muda também o jeito de ver as coisas”

“Não. Pois cada radiação possui uma frequência dependendo da fonte de luz, sendo que algumas podem absorver mais que as outras”.

#### Questão 2

Apesar do sol ser uma estrela de extrema importância para a vida da Terra, temos que ter certos cuidados, principalmente quanto ao período de exposição a luz solar. Uma das principais razões para isso é a liberação dos raios UVB. Qual a consequência da exposição deles para o ser humano? O que essa exposição pode estar relacionada com a frequência desse tipo de onda eletromagnética?

#### ALGUMAS DAS RESPOSTAS COLHIDAS:

“Um câncer de pele, radiação, Melasma e insolação. A energia sendo alta, conseqüentemente a frequência vai ser alta, trazendo vários riscos à saúde do ser humano.”

“Pode causar problemas de pele nas pessoas, câncer, etc. A radiação que é liberada pode causar vários problemas já que tem frequência alta”

“O raio UVB pode causar alteração das células, ou seja, a pessoa poderá contrair câncer de pele e outros casos sérios envolvendo a saúde. Porém temos protetores solares, onde esses raios podem ser bloqueados não permitindo que a pele seja afetada pela alta radiação recebida”.

A Tabela 5 a seguir apresenta as discussões registradas em sala de aula do tema EFEITO FOTOELÉTRICO que foi dividido em duas etapas. As figuras encontradas nesta tabela servem para ilustrar o que foi trabalhado com os estudantes, além dos próprios experimentos e simulações utilizados por eles.

Resumo das etapas:


- 1ª Etapa: Experimento Fluorescência

Neste momento, o professor utilizou o experimento da Fluorescência para introduzir a temática Física Moderna, mais especificamente, o efeito fotoelétrico.

- 2ª Etapa: 2ª Etapa: Simulação Efeito Fotoelétrico

Nesta etapa o professor utilizou a simulação computacional do *phet colorado* (EFEITO FOTOELÉTRICO) com o propósito de demonstrar o princípio de funcionamento de alguns dispositivos devido a interação dos *fótons* com alguns materiais.

**Tabela 5** - Descrição das discussões em sala de aula para o tema Efeito Fotoelétrico.

1ª Etapa: Experimento Fluorescência
<p>Professor: Turma o que vocês observam quando incidem o <i>flash</i> da câmera em cima da palavra?</p> <p>Aluno 1: Ela fica fosforescente?</p> <p>Aluno 20: Fluorescente? Não, ela fica em neon. A cor azul com a cor verde fica neon.</p> <p>Professor: Vocês mencionaram duas respostas interessantes para se entender o fenômeno. Os efeitos de neon e de fluorescência são bem parecidos, e bem diferentes da fosforescência. Agora incidam uma câmera com o <i>flash</i> não modificado sobre a palavra. O efeito é o mesmo? (Figuras 22 e 23)</p>
<p><b>Figura 22:</b> Uso do <i>flash</i> normal do celular.</p>

<p>Fonte: elaborado pelo autor</p>

**Figura 23:** Efeito com o uso do *flash* normal.



Fonte: elaborado pelo autor

Aluno 12: Fica normal. A cor volta ao normal.

Aluno 6: Totalmente diferente. A palavra tinha ganhado uma luminosidade a mais antes.

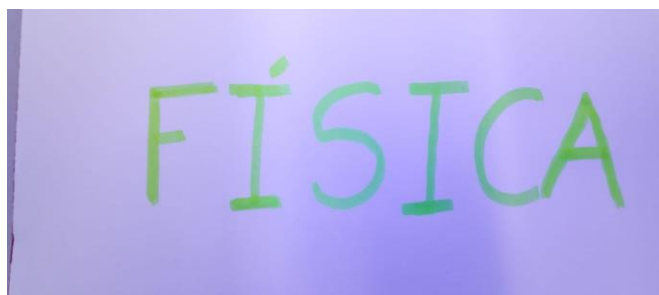
Professor: O que vocês acham que diferencia o uso do *flash* normal com o modificado? (Figuras 24 e 25)

**Figura 24:** *Flash* da câmera modificado.



Fonte: elaborado pelo autor

**Figura 25:** Efeito do experimento com o uso do *flash* modificado.



Fonte: elaborado pelo autor

Aluno 11: Tem que ter cores ou tons diferentes para poder realçar?

Professor: Você acha que é o tom diferente do *flash*?

Aluno 11: Sim.



Aluno 9: Eu acho que a luz reflete usando o *flash* modificado.

Professor: O efeito que vocês acabaram de presenciar se chama fluorescência. E que está relacionado com algum tipo de espectro de luz incidente. Agora, a fosforescência está na duração do efeito. Tanto que ao parar de incidir o *flash* modificado, o efeito também acaba. Diferente da fosforescência onde o efeito é muito mais lento para emitir luz.

Professor: Vocês conseguem relacionar em alguma coisa do dia-a-dia de vocês que têm esse mesmo efeito?

Aluno 9: Os faróis do veículo nos “olhos de gato”.

Aluno 8: Naquelas roupas que têm faixas.

Aluno 1: Nos trabalhadores que ficam de noite em rodovias.

Aluno 17: Nas placas de trânsito também.

Professor: Exatamente. Assim que as luzes dos faróis dos carros incidem nas roupas ou nas placas mesmo de longe conseguimos observar esse efeito da fluorescência. Com o que acabamos de ver até aqui, vamos voltar na questão que vocês fizeram em casa. Quando foi perguntado a vocês como a luz interage com os objetos de maneira que distinguimos as cores, como pode ser explicado?

Aluno 1: Que dependendo do tipo de luz, ela faz a gente enxergar determinadas cores ou efeitos?

Professor: E o que você acha que tem na luz que provoque isso?

Aluno 1: A cor da fonte?

Professor: É indo nesse sentido. Na verdade, turma, a radiação emitida por uma fonte luminosa está compreendida na faixa do espectro visível, isso quer dizer que cada cor tem sua respectiva faixa de frequência. Lembram disso no disco de Newton e no arco-íris? Nossos olhos são sensíveis a essa radiação. A luz na verdade é composta por partículas que chamamos de fótons, partículas responsáveis por interagir com a imagem do objeto que enxergamos.

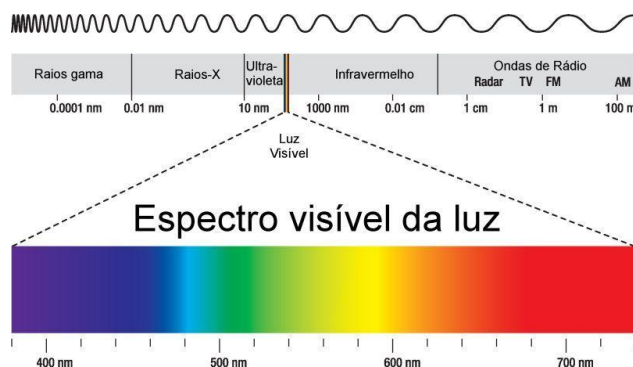
Professor: Mas afinal, o que seria essa tal da fluorescência? Cada fóton presente na luz possui uma certa energia que é transferida para os elétrons dos objetos. Vamos relembrar alguns conceitos das aulas de Química e a camada eletrônica mais externa de um elemento. Assim, no caso do nosso experimento, os fótons forneceram energia para os elétrons do material que é feito o marcador de texto, dessa forma essa energia foi suficiente para os elétrons mudarem para uma camada mais interna. Só que em algum momento ele rapidamente vai perder essa energia e voltar para a sua camada de origem. Quando ele volta, nos devolve essa energia na forma de luz.

Aluno 12: Então realmente tons diferentes de fontes influenciam?

Professor: Cuidado! Tons diferentes de uma mesma cor representam a variação da frequência

dentro da faixa dessa cor, um azul claro ou azul escuro, por exemplo. A figura a seguir demonstra a faixa do espectro eletromagnético (Figura 26), que vai desde o ultravioleta até o infravermelho. Então na verdade o que influencia é a frequência que está relacionada com a quantidade de energia que um fóton contém.

**Figura 26:** Espectro visível da luz e demais categorizações da onda eletromagnética.



Fonte: <https://www.infoescola.com/fisica/espectro-eletromagnético/>. Acesso: 10 de nov de 2022

## 2ª Etapa: Simulação Efeito Fotoelétrico

Professor: Como vocês acham que funcionam aquelas portas automáticas presentes em hospitais, por exemplo? (Figura 27)

**Figura 27:** Portas automáticas de um hospital.



Fonte: <https://www.geniosautomatismos.pt/portas-automaticas-hospitalares/>. Acesso: 10 de nov de 2022

Aluno 1: É que a porta possui dois pontos e quando a pessoa atravessa a porta se abre.

Aluno 3: Eu acho que tem a ver com sensores, pois na casa da minha avó tem lâmpadas e quando alguém chega perto ela acende.

Aluno 14: Pela aproximação do calor da pessoa.

Professor: Então qual a palavra-chave que temos que ter em mente como princípio de funcionamento dessas portas?

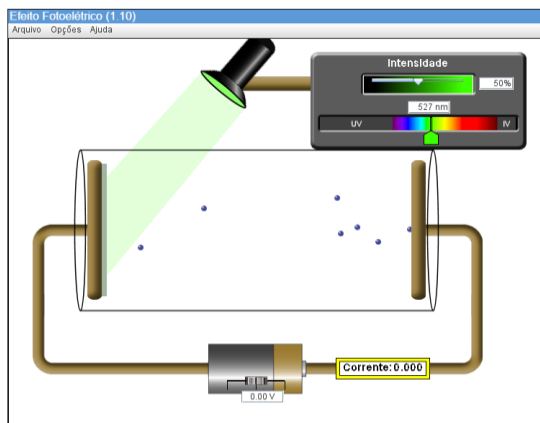
Aluno 20: Sensor?

Professor: Exatamente. Então com a simulação a seguir vamos entender melhor a relação dos sensores com os fótons e desde o funcionamento das portas automáticas. Vou realizar alguns

comandos e vocês tomem notas para ver se houve alguma modificação.

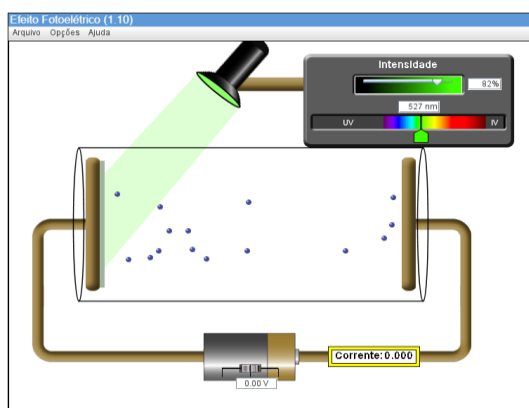
Professor: Houve alguma modificação mesmo eu aumentando a intensidade da fonte? (Figuras 28 e 29)

**Figura 28:** Modificação da simulação alterando a intensidade da fonte para 50 %.



Fonte: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulations/photoelectric](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/photoelectric). Acesso: 10 de nov de 2022

**Figura 29:** Modificação da simulação aumentando a intensidade da fonte para 80 %.



Fonte: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulations/photoelectric](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/photoelectric). Acesso: 10 de nov de 2022

Aluno 13: Não, nada aconteceu.

Aluno 15: Ainda não apareceu corrente elétrica.

Professor: Por que?

Aluno 10: A energia está baixa?

Professor: Isso mesmo. E se agora eu for diminuindo o comprimento de onda e aumentando a intensidade?

Aluno 8: Quando a luz ficou azul começaram a aparecer elétrons de um lado para outro.

Professor: Mas tem corrente?

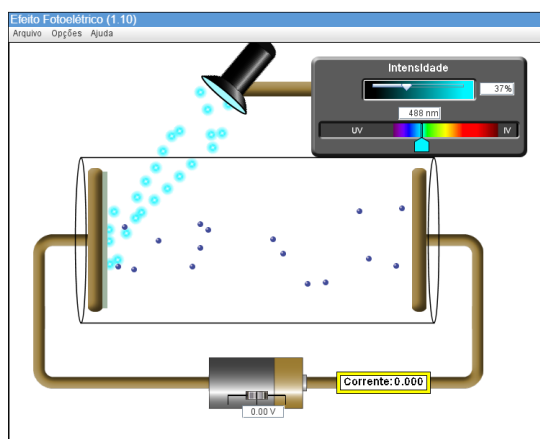
Aluno 9: Não.

Professor: E se eu aproximar ainda mais para o sentido do ultravioleta?

Aluno 12: Aí sim começou a ter corrente.

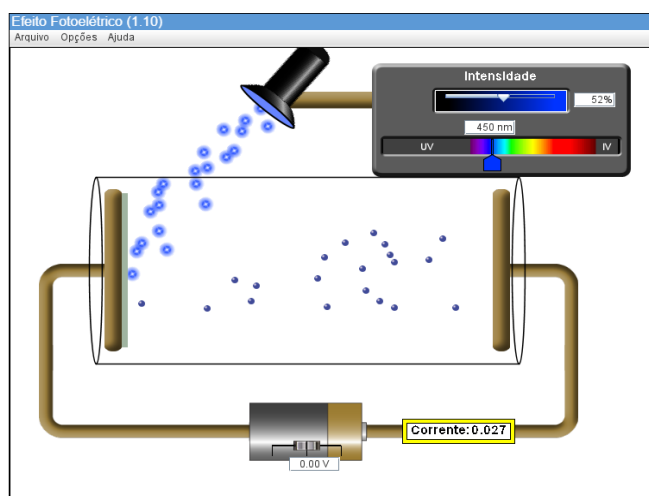
Professor: Pessoal, então podemos observar dois momentos. Um deles o aparecimento de elétrons sem corrente elétrica e outro com corrente elétrica (Figuras 30 e 31). Isso acontece, pois, os elétrons precisam atingir a frequência de corte, como se fosse uma frequência mínima de energia para ser suficiente a criação da corrente elétrica. Esse fenômeno se chama efeito fotoelétrico e no caso das portas automáticas, dependendo do tipo de modelo, pode se dar pela interação das ondas infravermelhas com o dispositivo de recepção da porta, assim que alguém ou algum objeto se aproxima ela abre e ao se afastar, uma vez o objeto não estando na região dessas ondas, a porta se fecha. Entre outros casos, a comunicação dos sensores com o circuito interno das portas possibilita a passagem da corrente, produzindo assim a abertura das portas. E quando não tem mais a circulação de corrente, as portas se fecham.

**Figura 30:** Aparecimento dos elétrons no circuito da simulação sem a presença de corrente.



Fonte: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulations/photoelectric](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/photoelectric). Acesso: 10 de nov de 2022

**Figura 31:** Aparecimento dos elétrons no circuito da simulação com a presença de corrente.



Fonte: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulations/photoelectric](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/photoelectric). Acesso: 10 de nov de 2022

Fonte: dados do autor

Segundo Vygotsky, parte do processo de ensino-aprendizagem acontece quando se utiliza um instrumento capaz de conectar o sujeito com o objeto de estudo (o que se deseja aprender), tendo a mediação como um fator influente desse processo. Nesse contexto, antes de iniciar a discussão em sala de aula, na Tabela 1 (1ª Etapa: Experimento Disco de Newton – Formação da Luz Branca), a abordagem inicial se deu por meio da construção e execução do experimento Disco de Newton pelos próprios estudantes. Assim, além do professor ter incrementado o método tradicional de ensino ao se trabalhar os conceitos de Física em sala de aula, o uso desse recurso estimulou a participação dos estudantes, desde a montagem do experimento até nas observações registradas por eles.

No trecho a seguir, podemos destacar a interação de alguns dos estudantes com o experimento do Disco de Newton: *Aluno 10: Por mais que tenha sete cores, as cores que mais predominaram foram o azul e o roxo*"; *Aluno 7: Quando eu girei o meu ficou mais próximo do vermelho*"; *Aluno 12: Parece que as cores ficam mais nítidas*"; *Aluno 4: Não, não dá pra ver todas as cores não, predomina o vermelho e o alaranjado*". Percebe-se que pelas respostas a interação dos estudantes com o experimento ocorreu de maneira diferenciada para cada um deles, gerando assim pontos de vistas distintos. Nas palavras de Evangelista e Chaves (2019) a prática experimental se bem empregada encoraja a participação, a interação humana e a troca de opiniões aproximando o indivíduo do entendimento ao conteúdo.

Com isso, na sequência o professor questionou os estudantes o que poderia ser observado da aparência do disco e junção das cores, obtendo as seguintes respostas: *Aluno 15: Parece que ao girar o disco as cores ficam mais fortes no centro e nas bordas ficam mais claro, quase branco*"; *Aluno 20: Também o jeito de girar e sua rapidez faz com que se veja de forma diferente*". A resposta dada pelo aluno 20 foi fundamental para explicar o porquê de haver observações diferentes do mesmo experimento, em outras palavras, podemos dar outro sentido para a explicação dada. O aluno 20 percebeu que a velocidade adquirida ao girar o disco produziu efeitos de visualização do experimento diferente para cada estudante, e que quanto mais rápido (em alta velocidade) o disco girasse, mais nítido a cor branca poderia ser notada da junção das demais cores.

Após os estudantes terem obtido diferentes observações para o experimento, o professor buscou explorar as diferentes perspectivas do giro do disco promovendo questionamentos de maneira que os estudantes percebessem que fatores como a velocidade do giro do disco interferia na observação do fenômeno: *Professor: Vocês acham que a velocidade influencia?*"; *Aluno 6: Acho que a velocidade influencia, porque quanto mais rápido roda,*

*mais clarinho fica*”; “Aluno 4: Aluno 2 roda de novo e mais rápido pra ver”. A resposta dada pelo aluno 6 instigou o aluno 4 a observar realmente se o rápido giro do disco produziria um efeito mais claro. Este fato demonstra a importância da interação e troca de valores entre os estudantes, de maneira a contribuir para o entendimento de ambos. Além disso, os estudantes nos trechos a seguir conseguiram chegar a uma mesma conclusão quanto à observação do experimento: “Professor: Depois que o colega de vocês girou o disco o que pode ser observado?”; “Aluno 5: Que quando ele girou o disco dele ficou bem parecido com o branco”; “Aluno 11: Que o jeito de manter o disco girando mais rápido ficou branco”; “Professor: Portanto, o que podemos concluir com a combinação dessas sete cores?”; “Alunos 1 e 2: Da o branco”; “Professor: Com o experimento vimos que existe então uma relação das demais cores com a cor branca”. Portanto, o experimento utilizado cumpriu com o papel de ser um instrumento de aprendizagem, uma vez que para o caso em questão, tendo a possibilidade de observar o colega manusear novamente o experimento, podemos observar que a apropriação dessa ação pelo aluno 4, conduziu os estudantes a constatação da objetividade do experimento.

Antes da internalização de determinados conceitos, o ser humano recorre às suas vivências na tentativa de compreender o mundo a sua volta. Vygotsky ao defender a interação social como estimuladora para o desenvolvimento humano, afirma que desde cedo, o indivíduo adquire significados nos mais diversos espaços: cinemas, campos de futebol, igrejas, praças, escolas, entre outros ambientes. Isso quer dizer que a criança está sempre aprendendo, e que essa aprendizagem vem antes do aprendizado adquirido na escola (VYGOTSKY, 2006).

Para Oliveira (2010, p.35) “a criança utiliza inicialmente os conceitos cotidianos antes de compreendê-los de forma consciente, de ser capaz de defini-los e poder operar com eles à vontade”. Na escola, por exemplo, quando o estudante começa a lidar com situações problemas, as experiências socioculturais são enriquecedoras no sentido de conduzir o seu conhecimento a um sistema mais organizado de aprendizagem por meio da instrução do professor. A essa afirmativa seguem os trechos da Tabela 2 (2ª Etapa: Prisma de Newton – Decomposição da Luz Branca): “Professor: Em que momento do dia-a-dia de vocês essas sete cores irão aparecer?”; “Aluno 3: Nas árvores, nas coisas, no sol”; “Professor: Mas essas cores todas juntas? Algo que vocês conseguem notar todas ao mesmo tempo?”; “Aluno 21: Só se for no arco-íris”; “Professor: Exatamente o arco-íris. Assim no diálogo acima, como resposta à questão inicial feita pelo professor, a princípio os alunos se apropriaram de elementos conhecidos por eles que mais se aproximaram ao uso das cores, isto é, os discentes corresponderam as cores a objetos derivados da observação do seu dia-a-dia.

Ainda no mesmo diálogo quando questionados como ocorre a formação do arco-íris, os estudantes basearam suas respostas em experiências de condições generalizadas advindas da observação do aparecimento do arco-íris após a chuva: “Aluno 16: Da água”; “Aluno 22: Dos reflexos no céu ou algo parecido”; “Aluno 5: Gotas de chuva com os raios do sol”; “Aluno 3: Quando você pega um pouco de água e borrija no ar o arco-íris aparece”. Dessa forma, fatores como as gotas de chuva ainda presentes na atmosfera e os raios solares, comuns a esse tipo de episódio, foram suficientes para demonstrar a produção do arco-íris sem haver a necessidade de uma explicação mais elaborada. Nesse sentido, quando o professor contextualizou o cotidiano do estudante, utilizando-o como ponto principal de abordagem em sala de aula, coletou elementos importantes para explicar melhor o fenômeno físico da formação do arco-íris.

Outro momento discutido em sala de aula do favorecimento dos relatos dos estudantes como oportunidade de se trabalhar o conteúdo, está demonstrado nos trechos extraídos da Tabela 3 (3ª Etapa: Luz como onda eletromagnética): “Professor: Quando eu menciono a palavra onda. O que vem à mente de vocês?”; “Aluno 7: micro-ondas de cozinha”; “Aluno 9: Ondas do mar”; “Aluno 11: Ondas sonoras”; “Aluno 8: Ondas radioativas que são muito perigosas”; “Aluno 5: Ondas eletromagnéticas”; De início, seus argumentos demonstraram que possuem certo conhecimento da variedade dos tipos de onda existente, porém ao serem questionados quanto a diferença entre elas, um dos estudantes expressou sua resposta advinda da observação recorrente do movimento das águas do mar, comum ao seu dia-a-dia: “Aluno 13: Eu consigo ver as ondas no mar e as outras não”; “Professor: O que te faz ver a onda no mar e não as outras?”; “Aluno 2: o movimento da água”. Assim, a partir dessa discussão o professor se apropriou do que os estudantes forneceram para explicar os tipos de ondas existentes e suas características de propagação.

Assim, tanto para o episódio da formação do arco-íris quanto para a explicação e categorização de uma onda eletromagnética apresentaram observações que permitiram a ampliação de novas funções psicológicas através da combinação entre o instrumento e o signo do estudante (VYGOTSKY, 1998). O que antes os jovens já sabiam passou pelo processo de internalização de novos conceitos consequentes das interações professor-aluno e das experiências cotidianas evidenciadas pelos próprios estudantes. Assim, dentro do processo da aprendizagem do estudante, tendo como foco suas ações produzidas por meio da interação direta ou mediada, Vygotsky (1987) discute o que se conhece por Zona Proximal de Desenvolvimento (ZPD) – conceito esse atrelado a ampliação e reconstrução do conhecimento

do aprendiz. Intrinsecamente, durante o encadeamento da interação estabelecida entre professor-aluno ou entre aluno-aluno outros fatores são considerados importantes desde a etapa inicial e final do desenvolvimento do conteúdo em sala de aula - a cultura, a motivação, o instrumento que conecta o aprendizado e o aprendiz, o meio social, entre outros.

Com isso, outro momento que demonstra a interação entre professor-aluno utilizando a experimentação como instrumento, aconteceu quando foi executado o experimento da Fluorescência (Tabela 5, 1ª Etapa: Experimento Fluorescência). Para o diálogo a seguir, notou-se que o professor direcionou os alunos no sentido que os mesmos conseguissem perceber que a característica da fonte influencia a maneira de enxergar a palavra escrita: “*Professor: Turma o que vocês observam quando incidem o flash da câmera em cima da palavra?*”; “*Aluno 1: Ela fica fosforescente?*”; “*Aluno 20: Fluorescente? Não, ela fica em neon. A cor azul com a cor verde fica neon.*” Nas discussões anteriores, podemos notar dois conceitos recorrentemente confundidos quanto à maneira que ocorrem: fluorescência e fosforescência. Assim, essa discussão possibilitou uma troca de ideias entre o professor e os alunos na tentativa de entender e explicar os fenômenos físicos observados no experimento e suas aplicações no cotidiano. O que para Martins (1997) em uma visão Vygotskyana reforça que:

Diante de situações em que precisa manipular conceitos e realidades que já conhece para chegar a saberes até então ignorados, o aluno sugere respostas e chega a resultados que lhe permitem alcançar novos níveis de conhecimento, informação e raciocínio (MARTINS, 1997 p.117).

Nesse sentido, quando se contextualizou o cotidiano do estudante, utilizando-o como ponto principal de abordagem em sala de aula, promoveu o desenvolvimento de sua aprendizagem. Dessa forma, trabalhar temáticas as quais os jovens estão familiarizados pode facilitar seu entendimento, posto que, o que foi apresentado a eles tem relevância para a sua estrutura cognitiva no sentido de o estudante conseguir atribuir um novo significado para aquilo que ele conhece.

No panorama geral da análise dos episódios registrados nas Tabelas 1, 2, 3 e 5, a promoção da discussão em sala de aula se mostrou eficiente no que se refere à cooperação e a participação dos estudantes no desenvolvimento do conteúdo. As falas dos alunos foram de grande importância, uma vez que, na sequência o professor teve a oportunidade de tomar um caminho no sentido de trabalhar o que foi coletado e transpondo-o em conhecimento mais sistematizado. A essa validação compreende-se a linguagem como um mecanismo usado pelos indivíduos como forma de socialização e interpretação do mundo em que vive. Na sala de aula, quando bem explorada, a linguagem, por meio de uma ação mediada e pela troca de



informações, permite o desenvolvimento da aprendizagem do estudante (VYGOTSKY, 2006). Segundo Pimentel e colaboradores (2022), Vygotsky afirma que “é o sistema simbólico da linguagem o instrumento essencial para o fluir do pensamento que elabora o aprendizado; é a linguagem que possibilita o processo de abstração, dando origem a inteligência abstrata que flexibiliza o pensamento conceitual”. Nesse sentido, para Vygotsky o docente tem como responsabilidade intervir de forma a reorganizar o raciocínio do estudante a um nível mais elevado de conhecimento (RIGON, 2010).

No ambiente escolar a fala se torna um recurso de destaque no desenvolvimento da aprendizagem do estudante. No entanto, outras abordagens como a escrita podem ser empregadas na ação mediada do professor ao verificar se houve ou não aprendizado após uma intervenção. Assim como no ato de falar, a escrita também representa uma modalidade de comunicação através da qual o estudante exprime suas ideias e opiniões. Nesse sentido Mello (2010) esclarece que:

O sentido da escrita é produzido de acordo com a maneira como as crianças percebem e vivenciam as situações em que entram em contato com a escrita e esse sentido orientará sua relação com a escrita e o conjunto de tarefas escolares que envolvem o exercício da linguagem escrita (MELLO, 2010 p. 332).

Com isso, no que se refere às duas atividades como tarefa de casa (Tabela 4 - ATIVIDADES EXTRACLASSE), a primeira questão procurou investigar a relação de uma fonte luminosa e sua interação com os objetos na obtenção das cores; já a segunda questão buscou destacar os efeitos consequentes da exposição do ser humano aos raios UVB e a causa dessa exposição excessiva.

Quando questionados “Se a fonte luminosa for trocada, conseguimos ver as coisas da mesma maneira? Explique”, respostas como “*Não, pois a luz que reflete de uma fonte muda a forma que você vê o objeto*”; “*Não. Se a fonte for trocada o aparecimento das cores não será igual quando a fonte que reflete é o sol*”; “*Não, pois a luz vai refletir de uma forma, e se mudar a fonte, muda também o jeito de ver as coisas*”, demonstraram que os estudantes conseguiram associar as características de uma fonte pela frequência que a mesma emite, e que com isso a maneira como o objeto é enxergado se difere conforme a fonte luminosa utilizada. Outra resposta: “*Não. Pois cada radiação possui uma frequência dependendo da fonte de luz, sendo que algumas podem absorver mais que as outras*” demonstrou que o estudante fez uma análise mais profunda da questão quando disse que a frequência seria absorvida. Situações como essa demonstram, segundo Giffoni, Barroso e Sampaio (2020) a presença do desenvolvimento da aprendizagem. Para os autores, ao se discutir temáticas que envolvem o ensino de Ciências, tem-se por necessidade o uso da contextualização na vida do estudante. Dessa forma, na

presença de um indivíduo mais capaz, as novas informações podem ser associadas a conceitos pré-existentes na estrutura cognitiva do aprendiz.

Na discussão sobre a consequência da exposição da radiação e sua relação com a frequência emitida, colheu-se respostas como: *“Um câncer de pele, radiação, Melasma e insolação. A energia sendo alta, conseqüentemente a frequência vai ser alta, trazendo vários riscos à saúde do ser humano, como citei acima”*; *“Pode causar problemas de pele nas pessoas, câncer, etc. A radiação que é liberada pode causar vários problemas já que tem frequência alta”*. Pelas respostas, os estudantes assimilaram a radiação UVB do sol como possuidora de uma frequência altamente energética e causadora de doenças de pele. E assim como na questão anterior, um dos estudantes apresentou em sua resposta uma interpretação mais acentuada para um conceito que foi visto depois em sala de aula. Quando o aluno destacou o uso dos protetores solares como minimizadores das ações dos raios solares, reflete o seu entendimento quando a absorção da energia por parte das células do corpo. Segundo ele: *“O raio UVB pode causar alteração das células, ou seja, a pessoa poderá contrair câncer de pele e outros casos sérios envolvendo a saúde. Porém temos protetores solares, onde esses raios podem ser bloqueados não permitindo que a pele seja afetada pela alta radiação recebida”*.

Assim, apesar de não terem tido contato direto com o professor, os estudantes não deixaram de aprender, uma vez que a todo instante, a sua interação e convívio social na troca de informações e experiências se mostraram presente nas respostas escritas. Neste sentido, ao analisar as atividades realizadas pelos estudantes em casa, tomou-se como ponto de partida o ocorrido em sala de aula. De acordo com as Tabelas 1, 2, 3 e 5, por exemplo, o professor lecionou o conteúdo usando aparatos experimentais e uma simulação no sentido de promover a discussão dos estudantes dos fenômenos observados. Conforme as respostas escritas na Tabela 4, a aprendizagem também pode acontecer através de atividades escritas, visto que o professor, sendo um mediador, teve o papel de montar estratégias que consolidou o aprendizado do discente de acordo com as ferramentas abordadas.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Atualmente, por mais que se tenha notado um avanço significativo das tecnologias e ao acesso à informação, o modelo tradicional da educação ainda é um dos métodos mais usados em sala de aula. Em especial a disciplina de Física, na qual as poucas aulas disponíveis semanalmente, demonstram os conceitos, leis e equações distantes do mundo vivido pelos alunos.

Nessa assertiva, de maneira a minimizar as práticas docentes que até então se enveredam apenas pelo ensino tradicional, o intuito deste trabalho foi demonstrar que explorar outras ferramentas (simulações e experimentos) além de enriquecer as ações do professor modifica também o comportamento do estudante no desenvolvimento do conteúdo em sala de aula.

Assim, ao se analisar as discussões dos estudantes em sala de aula, percebeu-se vários momentos da mediação como mecanismo da promoção da interação entre professor-aluno ou entre aluno-aluno (abordagem vygotskyana como sendo complementares no sentido da aprendizagem do estudante). Com isso, muitas das discussões geradas e trabalhadas em sala de aula se respaldam na contextualização do conteúdo ao cotidiano do estudante.

Dessa forma, em vários momentos, como o caso dos episódios da formação do arco-íris ou dos conceitos das ondas, os estudantes expressam suas opiniões originadas do ambiente externo à escola. Isso demonstra que o processo de aprendizagem começa no ambiente ao qual o estudante está imerso, e na escola que a bagagem do conhecimento trazida por ele é trabalhada com o propósito de conferir uma nova interpretação a esse conhecimento.

No processo de ensino, o significado da palavra metodologia para o professor se remete aos recursos didáticos nos quais o docente tem acesso para implementar suas aulas. Com esse pensamento, visando contribuir com a didática do educador, a presente pesquisa teve como objetivo principal o estudo do ensino-aprendizagem em sala de aula utilizando uma sequência didática e o desenvolvimento de material didático para o Ensino da Óptica Geométrica e da Física Moderna. As atividades elaboradas em cada uma das etapas da sequência didática articulam contextualização e experimentação, além de simulações computacionais, recursos esses que incrementarão o planejamento do professor na sala de aula.

Ademais, quando se procura ações para o fortalecimento das aprendizagens dos estudantes, o leque das opções disponíveis para os docentes é variado. No entanto, nem sempre uma mesma abordagem metodológica terá a mesma efetividade para todos, já que as realidades podem ser diferentes. A finalidade de uma atividade, por exemplo, nem sempre se conectará com o método escolhido pelo professor. Tendo isso em mente, os procedimentos adotados pela

metodologia desta pesquisa, são passíveis de adaptações de acordo com os anseios do educador. Contextualizando Vygotsky, os instrumentos de ensino utilizados pelo professor devem ser capazes de vincular o sujeito ao objeto de estudo, só dessa forma as interações entre professor-aluno e entre os próprios parceiros de classe beneficiam a inserção e discussão de conceitos extremamente importantes para o andamento de determinado assunto favorecendo o aprendizado dos educandos.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S. Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, Porto Alegre, v.25, n.2, p.176-194, jun . 2003.
- ALVARENGA, Beatriz, MÁXIMO, Antonio. Física Ensino Médio Volume 2. São Paulo, Ed. Scipione,2006.
- ALVES, J. M. As formulações de Vygotsky sobre a Zona de Desenvolvimento Proximal. *Revista de Educação em Ciências e Matemáticas*, v. 1, n. 2, p. 11-16, 2005.
- BACICH, Lilian; MORAN, José (org.). Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática. São Paulo: Penso, 2018.
- BISQUOLO, Paulo Augusto. «Teoria da Relatividade: Albert Einstein promoveu uma revolução na física». UOL Educação > Pesquisa Escolar / Especial para a Página 3 Pedagogia & Comunicação. Disponível em: <https://educacao.uol.com.br/disciplinas/fisica/teoria-da-relatividade-albert-einstein-promoveu-uma-revolucao-na-fisica.htm>. Acesso em: 25 abr 2021.
- BRASIL (2002). Parâmetros Curriculares Nacionais (Ensino Médio) – Parte III – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>. Acesso em: 19 abr 2021
- BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília: MEC, 2018. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/docman/abril-2018-pdf/85121-bncc-ensino-medio/file>. Acesso: 18 de Abril de 2021
- BRASIL, Ministério da Educação. **Guia de Livros Didáticos –PNLD 2008 - CIÊNCIAS**. Brasília: 2008;
- BRASIL, Parâmetros Curriculares Nacionais. **Bases Legais**. Brasília: MEC, 2000.
- DIONÍSIO, P. H. Albert Einstein e a Física Quântica. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v.22, n. 2, p. 147-164, ago. 2005.
- Giffoni, J.S., Barroso, M. C. S. & Sampaio, C. G. (2020). Aprendizagem significativa no ensino de Química: uma abordagem ciência, tecnologia e sociedade. *Research, Society and Development*, 9(6), 1-14.
- HEWITT, P. G. Física Conceitual. 12ª Ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.
- KUHN, Thomas S. **A estrutura das revoluções científicas**. 2. ed. Tradução Beatriz Vianna Boeira e Nelson Boeira. São Paulo: Perspectiva. 1987.\_\_\_\_\_.
- LOBATO, T.; GRECA, I. M. **Análise da Inserção de Conteúdos de Teoria Quântica nos Currículos de Física do Ensino Médio**. Ciência e Educação, São Paulo, v. 11, n. 1, p. 119-132, 2005;

MELLO, Carlos Henrique Pereira. *Gestão da qualidade*. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006.

OLIVEIRA, Adriana Pachêco de et al. **Avaliação de um método estratégico de demonstração prática aplicado nas aulas de endodontia laboratorial**. *Rev. odonto ciênc.* [online]. 2012, vol.27, n.2, pp.127-131. ISSN 1980-6523.

OLIVEIRA, Marta Kohl. **Vygotsky: aprendizado e desenvolvimento, um processo sócio-histórico** 4. ed. São Paulo: Scipione, 2002.

OLIVEIRA, M. K. *Vygotsky: aprendizado e desenvolvimento, um processo sócio-histórico*. 4. ed. São Paulo: Scipione, 1999.

OSTERMANN, F. **A epistemologia de kuhn**. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 13, n. 3, 1996;

PEÑA, Maria De Los Dolores Jimenes. **Ambientes de aprendizagem virtual: O desafio á prática docentes**,2004.

PESSOA Jr., O. Introdução histórica à Teoria Quântica, aos seus problemas de fundamento e às suas interpretações. *Caderno de Física da UEFS*, v. 04, p. 89-114, 2006

PhET – Physics Education Technology. Disponível em [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/](https://phet.colorado.edu/pt_BR/). Acesso em: 05 Mai 2021

PIMENTEL, Rafael Figueira; CARVALHO, Alexandre Tadeu Gomes de; CARVALHO, Regina Simplício; LABURU, Carlos. **A linguagem, a epistemologia e o ensino conceitual da dualidade onda-partícula**. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol. 45, e20220339 (2023) <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2022-0339>. Acesso em: 03 de mar de 2023

RICARDO, E. C. (2005). **Competências, interdisciplinaridade e contextualização: dos Parâmetros Curriculares Nacionais a uma compreensão para o ensino de ciências**. 2005. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) – Universidade Federal de Santa Catarina.

STUCHI, A. M.; FERREIRA, N. C. Análise de uma exposição científica e proposta de intervenção. *Revista Brasileira de Ensino de Física*. Vol. 25, n.2, São Paulo, 2003

Vygotsky, L. (1987). *Pensamento e Linguagem*. Tradução de Jefferson L. Camargo. São Paulo: Martins Fontes.

VYGOTSKY, L.S. *A construção do pensamento e da linguagem*. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

Vygotsky, L.S. (2002). *A formação social da mente*.6.ed. São Paulo: Martins Fontes.

Vygotsky, L. S. (2003) *Psicologia Pedagógica*. Porto Alegre: Artmed. (Texto original publicado em 1926).

Vygostsky, L. S. *Psicologia Pedagógica*. 2 ed. São Paulo: Martins Fontes, 2004.

\_\_\_\_\_. Aprendizagem e desenvolvimento intelectual na idade escolar. In: VYGOTSKY, L. S.; LURIA, A. R.; LEONTIEV, A. N. *Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem*. 10.ed. São Paulo: Ícone, 2006.p.103-118.