



MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

INSTITUTO FEDERAL DO AMAZONAS - IFAM
UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS - UFAM
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA - MNPEF
POLO IV

Paulo Tavares

ABORDAGEM TEÓRICA E EXPERIMENTAL PARA APLICAÇÃO DA LUZ COMO ONDA OU COMO PARTÍCULA NAS AULAS DE FÍSICA 3 NO ENSINO MÉDIO

Manaus

2023



MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

Paulo Tavares

ABORDAGEM TEÓRICA E EXPERIMENTAL PARA APLICAÇÃO DA LUZ COMO ONDA OU COMO PARTÍCULA NAS AULAS DE FÍSICA 3 NO ENSINO MÉDIO

Dissertação apresentada ao Polo V do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física do Instituto Federal do Amazonas como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. Área de concentração: Física moderna.

Orientador: Dr José Ricardo de Sousa

**Manaus
2023**

Biblioteca IFAM – Campus Manaus Centro

T231a Tavares, Paulo.

Abordagem teórica e experimental para aplicação da luz como onda ou como partícula nas aulas de física 3 no ensino médio / Paulo Tavares. – Manaus, 2023.

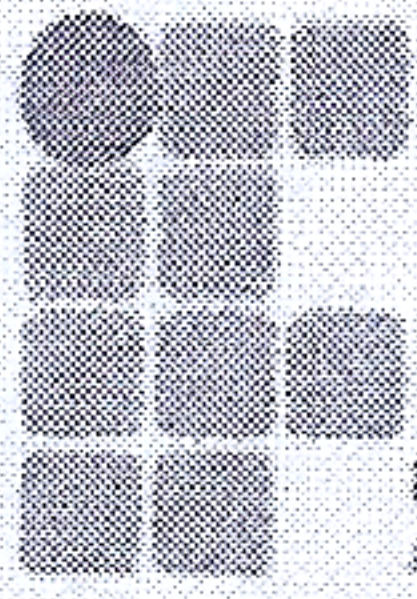
107 p. : il. color.

Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, *Campus* Manaus Centro; Universidade Federal do Amazonas, 2023.

Orientador: Prof. Dr. José Ricardo de Sousa.

1. Física – ensino. 2. Experimentos. 3. Luz. 4. Efeito fotoelétrico. I. Sousa, José Ricardo de. (Orient.) II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas. III. Universidade Federal do Amazonas. IV. Título.

CDD 530



INSTITUTO FEDERAL
AMAZONAS

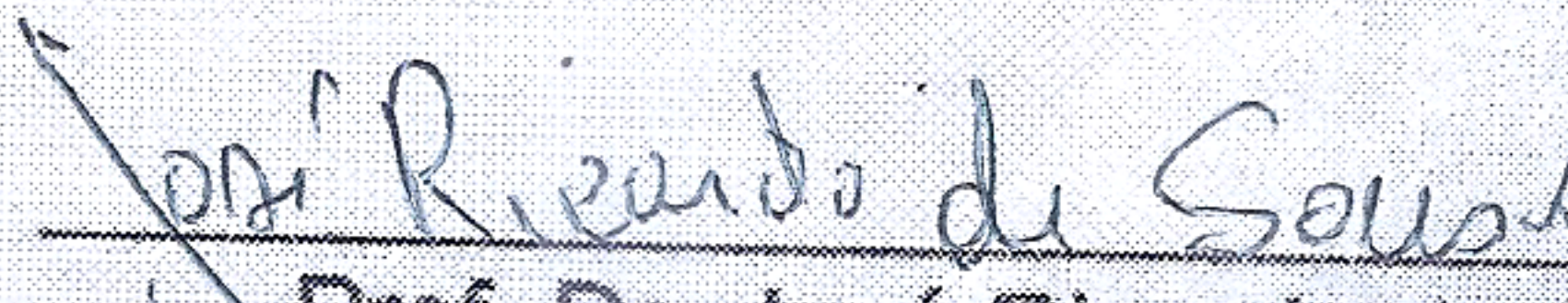
SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
FUNDAÇÃO COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR
SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA
PROGRAMA NACIONAL DE MESTRADO EM ENSINO DE FÍSICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO AMAZONAS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS




Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física - Polo 4

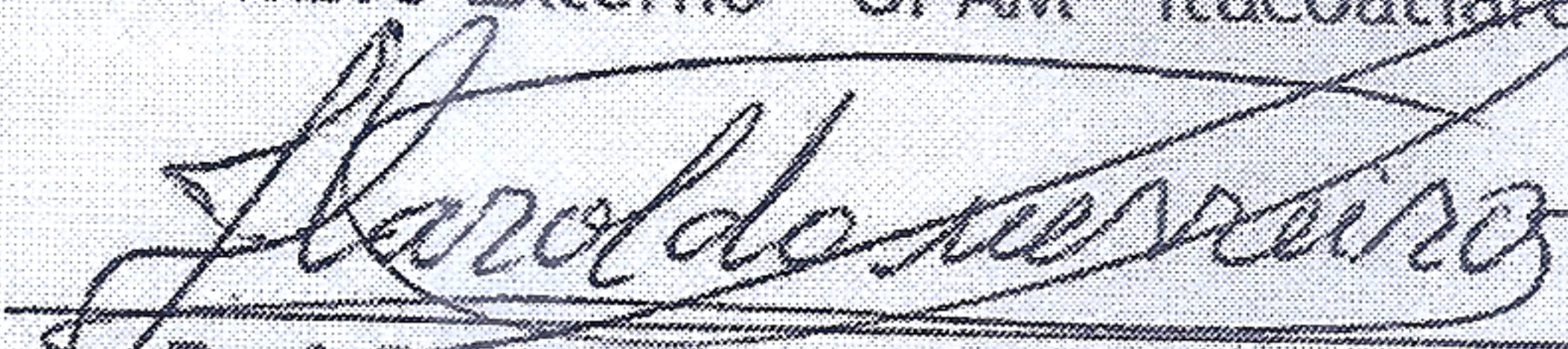
Ata da 59ª Defesa de Dissertação

Aos vinte e quatro dias do mês de março, do ano de dois mil e vinte e três, às 14h00, por webconferência, ocorreu a Defesa da Dissertação do mestrando Paulo Tavares, intitulada: "ABORDAGEM TEÓRICA E EXPERIMENTAL PARA APLICAÇÃO DA LUZ COMO ONDA OU COMO PARTÍCULA NAS AULAS DE FÍSICA 3 NO ENSINO MÉDIO", do Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 4 das Instituições de Ensino Superior: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM) e Universidade Federal do Amazonas (UFAM). A Banca Examinadora foi composta pelo Prof. Dr. José Ricardo de Sousa (UFAM), Prof. Dr. Paulo Louzada Castro de Oliveira (UFAM-Itacoatiara) e Prof. Dr. Haroldo de Almeida Guerreiro (UFAM). O Professor Doutor José Ricardo de Sousa, Presidente, deu início aos trabalhos, convidando os membros a comporem a Banca Examinadora. O Presidente fez a leitura dos procedimentos para defesa de dissertação, e convocou o mestrando para fazer a exposição de seu trabalho que, em seguida, foi arguido pelos membros da Banca Examinadora. Após a arguição, a Banca Examinadora reuniu-se privativamente e decidiu pela aprovação do trabalho. Ao final, os presentes foram chamados para tomarem conhecimento do resultado da avaliação, o Presidente da banca comunicou ao interessado que feitas às devidas correções na dissertação, conforme sugestão da banca Examinadora, o discente é obrigado a entregar, na secretaria do polo 4, até sessenta (60) dias após a data da defesa, duas (02) vias impressa e encadernada no formato capa dura, e uma via (01) digital em formato PDF, para os trâmites necessários à concessão do diploma, conforme Resolução N°.47 - CONSUP/IFAM de 13 de julho de 2015. Nada mais havendo a tratar, foi lavrado a presente Ata que, após lida e aprovada, será assinada pelos presentes.


Prof. Dr. José Ricardo de Sousa
Presidente - UFAM
Documento assinado digitalmente

 PAULO LOUZADA CASTRO DE OLIVEIRA
Data: 30/03/2023 12:07:04-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr. Paulo Louzada Castro de Oliveira
Membro Externo - UFAM - Itacoatiara


Prof. Dr. Haroldo de Almeida Guerreiro
Membro Externo - UFAM

Paulo Tavares

ABORDAGEM TEÓRICA E EXPERIMENTAL PARA APLICAÇÃO DA LUZ COMO ONDA E COMO PARTÍCULA NAS AULAS DE FÍSICA 3 NO ENSINO MÉDIO

Dissertação apresentada ao Polo V do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física do Instituto Federal do Amazonas como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. Área de concentração: Física moderna.

Aprovada em ____ de ____ de ____.

BANCA EXAMINADORA

Dr. José Ricardo de Sousa - Orientador, UFAM
(Presidente)

Dr. Paulo Louzada Castro de Oliveira, UFAM-ITACOATIARA
(Membro externo)

Dr. Haroldo de Almeida Guerreiro, UFAM
(Membro externo)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a Deus pelo milagre da vida que concede a mim e a toda minha família. Aos meus professores da UFAM e do IFAM do programa MNPEF.

Ao meu orientador pelos ensinamentos e estímulo na formulação deste trabalho. Ao meu irmão Adílson pela colaboração na construção do código Arduino.

Em especial a minha esposa Marinete e ao meu filho Pablo pelo amparo emocional e incentivo no desenvolvimento desta dissertação.

Finalmente, à Sociedade Brasileira de Física (SBF) e com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001."

RESUMO

Este trabalho de dissertação contém abordagens teórica e experimental sobre o comportamento da luz como onda ou como partícula. O desenvolvimento e a aplicação deram-se na Escola Nossa Senhora Rosário de forma presencial, ano de 2022 no mês de março, durante os tempos de pós pandemia da COVID-19¹. Apesar das dificuldades em relação à liberação das salas de aulas, devidos aos surtos pandêmicos, foi possível concluir o projeto com êxito em uma turma do 3º ano do ensino médio com apenas 25 alunos. Também, por este motivo, foram feitas algumas prorrogações e ajustes no decorrer do desenvolvimento e aplicação do produto, pois, desde o início da pandemia de COVID-19, as escolas têm sido afetadas de várias maneiras. No geral, a pandemia teve um impacto significativo nas escolas, dificultando, assim, a aplicação deste trabalho que tem como implementação a aplicação de uma oficina como produto educacional, onde os alunos montaram um circuito eletrônico. Por estes motivos teremos, nas imagens e nos links dos vídeos durante a aplicação deste trabalho, alunos e professores usando máscaras para a possível prevenção contra o vírus. Com todos esses cuidados foi possível aplicar as atividades com êxito nos momentos pós pandêmico seguindo os protocolos de higiene. Neste trabalho, para abordar a luz como onda ou como partícula, foram construídas duas propostas experimentais na qual foram divididas em dois momentos no decorrer da aplicação: na primeira construímos uma porta automática na qual usaremos um sensor que emite e recebe ondas de infravermelho onde foi ativado usando um código embarcado no *Arduíno*². A outra proposta experimental é uma oficina onde foi montado um circuito eletrônico, na qual abordará a aplicação do efeito fotoelétrico, e neste circuito temos como foco principal o componente eletrônico *LDR*³, pois nele é que ocorre o efeito fotoelétrico. Com essas duas abordagens o professor poderá explanar e aplicar de forma experimental em sala de aula nas suas aulas de física do 3º ano do ensino médio no contexto ao comportamento da luz como onda ou como corpúsculo. Além disso, o uso de tecnologias de informação nos dá ferramentas necessárias para o ensino de física como os simuladores e as plataformas digitais como o *Arduíno*. A utilização de simuladores, *Phet*⁴ por exemplo, são vistos com mais frequência em sala de aula com o intuito de tornar as aulas mais motivadoras e participativas. Além das demonstrações, este projeto, também, tem como objetivo a compreensão e aplicação da física no cotidiano e a utilização e manipulação de componentes eletrônicos, tal como capacitores, resistores, diodos e entre outros. De acordo com os protocolos, mesmo no momento pós pandêmico, todos os componentes foram esterilizados para evitar as infecções da COVID-19. Essas aplicações e adaptações na metodologia junto às ferramentas que este trabalho dispõe, estão baseadas na teoria de aprendizagem significativa de David Ausubel onde associamos a aplicação prática com a inserção de tecnologias digitais. Os testes e as abordagens sequenciais neste trabalho foram eficientes e viáveis, podendo ser uma opção para o ensino de física moderna referente ao comportamento da luz como onda ou como partícula.

Palavras-chave: educação, ensino de física, experimentos, luz, comportamento ondulatório da luz, comportamento corpuscular da luz, efeito fotoelétrico.

¹ COVID-19: Corona vírus 19.

² Arduino: Arduino é uma plataforma eletrônica open-source baseada em hardware e software flexíveis.

³ LDR: a sigla vem do inglês e significa Light Dependent Resistor

⁴ PhET: é uma coleção de simuladores interativos e educacionais gratuitos.

ABSTRACT

This dissertation work contains theoretical and experimental approaches on the behavior of light as a wave or as a particle. The development and application took place at Our Lady Rosary School in person, year 2022 in the month of March, during the times of post-COVID-19 pandemic. Despite the difficulties regarding the release of classrooms, due to the pandemic outbreaks, it was possible to successfully complete the project in a class of the 3rd year of high school with only 25 students. Also, for this reason, some extensions and adjustments have been made in the course of product development and application, as since the beginning of the COVID-19 pandemic, schools have been affected in various ways. Overall, the pandemic has had a significant impact on schools, thus making it difficult to apply this work that has as implementation the application of a workshop as an educational product, where students set up an electronic circuit. For these reasons we will have, in the images and in the links of the videos during the application of this work, students and teachers wearing masks for the possible prevention against the virus. With all this care it was possible to apply the activities successfully in the post-pandemic moments following the hygiene protocols. In this work, to approach light as a wave or as a particle, two experimental proposals were constructed in which they were divided into two moments during the application: in the first we built an automatic door in which we will use a sensor that emits and receives infrared waves where it was activated using a code embedded in the Arduin. The other experimental proposal is a workshop where an electronic circuit was assembled, in which it will address the application of the photoelectric effect, and in this circuit we have as main focus the electronic component LDR1, because it is in it that the photoelectric effect occurs. With these two approaches the teacher will be able to explain and apply in an experimental way in the classroom in his physics classes of the 3rd year of high school in the context of the behavior of light as a wave or as a corpuscle. In addition, the use of information technologies gives us necessary tools for teaching physics such as simulators and digital platforms such as the Arduino. The use of simulators, Phet1 for example, are seen more often in the classroom in order to make classes more motivating and participatory. In addition to the demonstrations, this project also aims to understand and apply physics in everyday life and the use and manipulation of electronic components, such as capacitors, resistors, diodes and among others. According to protocols, even in the post-pandemic moment, all components have been sterilized to prevent COVID-19 infections. These applications and adaptations in the methodology together with the tools that this work has, are based on the theory of significant learning of David Ausubel where we associate the practical application with the insertion of digital technologies. The tests and sequential approaches in this work were efficient and feasible, and may be an option for the teaching of modern physics regarding the behavior of light as a wave or as a particle.

Keywords: education, physics teaching, experiments, light, wave behavior of light, corpuscular behavior of light, photoelectric effect.

LISTAS DE ILUSTRAÇÕES

Figura

Figura 1: Ilustração de Huygens em sua obra: tratado sobre a luz.....	23
Figura 2: Reflexão e refração da luz: ilustração de Huygens.....	24
Figura 3: Experimento de Young da fenda dupla.....	25
Figura 4: Esquema de interferência de ondas originadas em duas fendas e um anteparo.....	26
Figura 5: Franjas de interferência e curva no anteparo.....	28
Figura 6: Esquema do aparato usado por Hertz para mostrar a existência de ondas eletromagnéticas.....	31
Figura 7: circuito elaborado por Hertz para produzir sparks.....	32
Figura 8: Experimento para verificar o efeito fotoelétrico.....	33
Figura 9: variação de i x V	34
Figura 10: Variação de i com a frequência.....	35
Figura 11: Variação de V_f com f	36
Figura 12: Demonstração da difração da luz.....	39
Figura 13: Simulação do efeito fotoelétrico usando o simulador phet.....	43

Imagens

Imagem 13: Questão 1 do teste.

Fotografias

Fotografia 1: Frontal e traseira da porta automática.....	40
Fotografia 2: Componentes eletrônicos usados para a construção da porta.....	42
Fotografia 3: Sensor fotoelétrico de poste de luz.....	43
Fotografia 4: Kit para a montagem do circuito eletrônico sensor de luminosidade.....	44
Fotografia 5: Alunos realizando o teste.....	45
Fotografia 6: Demonstração da porta automática.....	46
Fotografia 7: Demonstração do efeito fotoelétrico usando um sensor fotoelétrico de poste de luz.....	48
Fotografia 8: Alunos recebendo o kit de componentes eletrônicos para a montagem do sensor fotoelétrico.....	49
Fotografia 9: Montagem final do circuito eletrônico sensor de luminosidade usando o LDR.....	50
Fotografia 10: Questão 1 do teste.....	51
Fotografia 11: Questão 1 do teste.....	52
Fotografia 12: Questão 1 do teste.....	52
Fotografia 13: Questão 1 do teste.....	52
Fotografia 14: Questão 2 do teste.....	53
Fotografia 15: Questão 3 do teste.....	54
Fotografia 16: Questão 3 do teste.....	54
Fotografia 17: Questão 4 do teste.....	55
Fotografia 18: Questão 4 do teste.....	55
Fotografia 19: Questão 4 do teste.....	55
Fotografia 20: Questão 5 do teste.....	56
Fotografia 21: Questão 5 do teste.....	56
Fotografia 22: Questão 6 do teste.....	57
Fotografia 23: Questão 6 do teste.....	57

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
	OBJETIVO GERAL.....	14
	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
2.1	APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE DAVID AUSUBEL.....	15
2.2	DISCUSSÃO SOBRE A NATUREZA DA LUZ: NEWTON X HUYGENS.....	17
2.3	TRABALHOS APRESENTADOS SOBRE O COMPORTAMENTO ONDULATÓRIO DA LUZ.....	19
2.4	TRABALHOS APRESENTADOS SOBRE O COMPORTAMENTO CORPUSCULAR DA LUZ.....	21
3	CONTEXTUALIZAÇÃO FÍSICA	23
3.1	CONTEXTO HISTÓRICO SOBRE COMPORTAMENTO ONDULATÓRIO E CORPUSCULAR DA LUZ.....	23
3.2	CONTRIBUIÇÃO DE YOUNG E FRESNEL PARA A TEORIA ONDULATÓRIA DA LUZ.....	24
3.3	DAS ONDAS ELETROMAGNÉTICAS À NATUREZA CORPUSCULAR DA LUZ E O EFEITO FOTOELÉTRICO.....	29
3.4	O EFEITO FOTOELÉTRICO	33
4	METODOLOGIA	38
4.1	SEQUÊNCIA METODOLÓGICA DAS AULAS	38
4.1.1	AULA 1: APLICAÇÃO DO TESTE	38
4.1.2	AULA 2: ABORDAGEM TEÓRICA SOBRE A LUZ NO SEU CONTEXTO ONDULATÓRIO E CORPUSCULAR E SUAS APLICAÇÕES.	39
4.1.3	AULA 3: MONTAGEM DO CIRCUITO ELETRÔNICO SENSOR DE LUMINOSIDADE.	44
4.2	MATERIAIS E MÉTODOS.....	45
4.2.1	DESENVOLVIMENTO DA AULA 1.....	45
4.2.2	DESENVOLVIMENTO DA AULA 2.....	45
4.2.3	DESENVOLVIMENTO DA AULA 3.....	48
5	ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	51

6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	58
	REFERÊNCIAS	60
	TESTE	65
	PRODUTO EDUCACIONAL	66

1 INTRODUÇÃO

As frequências naturais da luz como, por exemplo, o infravermelho (WILLIAM, 1800) e o ultravioleta, estão tão presentes em nosso dia a dia (FOGAÇA, 2021, SOUZA 2021), e a maioria de nossos alunos têm uma ideia muito vaga sobre os benefícios, malefícios, aplicações e muito menos suas propriedades. Como há uma variedade de aplicações destes fenômenos, podemos ter um conceito equivocado sobre suas abordagens. Dessa forma muitos alunos levam para sala de aula uma ideia talvez errônea sobre os funcionamentos de alguns equipamentos, por exemplo a abertura de portas automáticas e os sensores de postes de luz são o foco deste trabalho.

Sabendo disso, como podemos abordar, diferenciar e aplicar tais fenômenos e suas aplicações nas aulas de física do 3º no ensino médio? As atividades experimentais devem ter uma relação profunda com a sua realidade podendo ser uma reflexão ou uma crítica e é neste contexto que a BNCC (BASE, [p.549]) nos propõe que “A contextualização social, histórica e cultural da ciência e da tecnologia é fundamental para que elas sejam compreendidas como empreendimentos humanos e sociais”, ou seja, os exemplos e experimentos abordados pelo professor são de extrema importância para o aluno e que, devem ter uma relação intrínseca com as observações diárias de cada aprendiz. Nesta perspectiva, as discussões sobre os elementos da história e da ciência são promissoras e abordadas por diferentes perspectivas segundo alguns autores (ALLCHIN 2004; MARTINS, 2006; 2007; MATTHEWS, 1995) e com isso as aulas ficam mais interessantes e direcionadas para o aluno como afirma ARAÚJO E ABIB (2003):

“No que se refere ao grau de direcionamento das atividades, acredita-se que, de um modo geral, a utilização adequada de diferentes metodologias experimentais, tenham elas a natureza de demonstração, verificação ou investigação, pode possibilitar a formação de um ambiente propício ao aprendizado de diversos conceitos científicos sem que sejam desvalorizados ou desprezados os conceitos prévios dos estudantes” (ARAÚJO; ABIB, 2003, p. 11).

Além disso, segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais – PCN [BRASIL 2000], as abordagens ao ensino de física devem estar voltadas as necessidades de cada aluno que busca, nas aulas, uma visão daquilo que os cerca e a sua importância para o seu conhecimento e a sua vida. Para tal criam-se alternativas de ensino que os levam a uma aprendizagem potencialmente significativa.

A proposta da inserção de atividades experimentais nas aulas de física é estimular e motivar os alunos permitindo-lhes a contextualização histórica e cultural de cada estudante (BASE, 2019). Nos livros didáticos no ensino médio, os assuntos relacionados à Física Moderna, no contexto sobre as aplicações dos fenômenos ondulatórios e do efeito fotoelétrico, ficam na sua grande maioria no final do curso de Física 3 (RAMALHO JUNIOR, et al. volume 3, 2009). Para aplicação e inserção destes conteúdos nas aulas, estão disponíveis recursos didáticos virtuais aos quais temos livre acesso, como os simuladores virtuais. É inegável que a tecnologia nos disponibiliza acesso a muitas ferramentas que nos auxiliam a demonstrar fenômenos voltados para o ensino (FIOLHAIS; TRINDADE, 2003).

Na sua grande maioria os livros didáticos de física descrevem através de textos os fenômenos naturais e, também, usam figuras ilustrativas para tornar mais dinâmica a aula. Porém, se utilizarmos os recursos digitais, que são facilitadores de ensino aprendizagem, como objetos para o ensino, estamos envolvendo os alunos na dinâmica de aprendizagem.

Neste trabalho temos o objetivo de demonstrar os fenômenos ondulatórios ou corpusculares da luz usando os simuladores digitais importantes para a didática em sala de aula. Estes instrumentos educacionais servem para sanar algumas possíveis falhas no ensino aprendizagem. Desta maneira os simuladores têm uma grande importância nas aulas de física, pois podemos aplica-los tanto de forma presencial quanto de forma remota, no qual destacamos o *phet interactive simulations*⁵ que é uma plataforma livre com uma “infinidade” de simulações disponíveis.

De acordo com esta perspectiva, neste trabalho desenvolvemos duas alternativas experimentais para que o professor possa realizar em sala de aula. A primeira é a construção de uma mini porta automática (APÊNDICE 1), semelhante as portas de *shopping*, na qual a mesma é feita de pequenas peças de madeira. Para ativar a abertura e o fechamento da porta usamos tecnologias inovadoras que estão disponíveis gratuitamente como a plataforma Arduino⁶, além dos componentes eletrônicos. O sensor utilizado foi conectado na placa que emitirá e, por reflexão, receberá ondas de infravermelho (JUNIOR, 2021), assim o mesmo detectará um corpo quando o mesmo se aproxima da porta. Sabemos que há variedades de aplicações voltadas para essa radiação e além disso há diferentes formas de detectar esse tipo

⁵ Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/

⁶ Arduino é uma plataforma de prototipagem e seu software é gratuito.

de radiação (MICHA, et al., 2011), neste sentido a luz se destaca como uma onda eletromagnética.

Assim como a luz é tratada como onda, por exemplo, a radiação de ondas eletromagnéticas, onde uma delas é o infravermelho, a luz também pode ser interpretada como partícula, que tem as suas vastas aplicações. Na segunda parte deste trabalho construiremos um sensor de luminosidade de poste de luz. Um dos componentes eletrônicos que é ativado quando o expomos à luminosidade é foto sensor LDR⁷, que será o foco deste experimento. Para a montagem deste sensor elaboramos um manual (APÊNDICE 2) para que o aluno possa acompanhar a montagem e no final experimentamos sua eficiência.

Considerando o cenário de novidades e o grande acesso dos alunos às informações, chegam nas salas de aulas muitas informações deturpadas principalmente alguns conceitos físicos. Diante disso, é fundamental que o professor atue como mediador desses conceitos para que os alunos possam compreender a física e sua relação com a tecnologia de maneira correta e eficaz. A teoria da aprendizagem significativa de Ausubel poderá ser útil neste processo, pois dará suporte para tentarmos entender e aproveitar o que os alunos têm como conhecimentos prévios. Com a finalidade de termos uma aprendizagem significativa, podemos trabalhar com as informações que o aluno traz em seu subsunçor e assim ancorar novas informações.

Como facilitadores de aprendizagem, elaboramos uma sequência de aulas fazendo uso de tecnologias atuais, por exemplo, os simuladores, vídeos e apresentações de atividades experimentais. Isso contribuirá para que o aluno relembre os conceitos estudados nas séries anteriores como o comportamento ondulatório e corpuscular da luz, assim como as suas aplicações na tecnologia na qual usamos no dia a dia. Considerando as etapas inerentes ao conteúdo sobre a luz, tentaremos responder a seguinte pergunta: De que forma podemos contribuir para que o aluno compreenda as aplicações do comportamento ondulatório ou corpuscular da luz no dia a dia? Para isso elaboramos os seguintes objetivos:

⁷ LDR - Light Dependent Resistor

OBJETIVO GERAL

- ✓ Desenvolver um produto educacional que sirva de auxílio ao professor nas aulas de física do 3º ano do ensino médio, relacionando o tópico de física moderna ao contexto sobre o comportamento da luz como onda ou como partícula.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Verificar os conhecimentos prévios dos alunos sobre os conceitos e as aplicações no dia a dia em relação aos fenômenos ondulatórios ou corpuscular da luz e propor ideias com o uso de tecnologias.
- ✓ Mostrar as diversas descobertas e aplicações dos fenômenos ondulatórios ou corpuscular da luz através das primeiras descobertas até os dias atuais.
- ✓ Elaborar um manual para construção, através de uma oficina, de um circuito eletrônico que auxiliará o professor a abordar o efeito fotoelétrico, no contexto sobre o comportamento corpuscular da luz.
- ✓ Apresentar de uma mini porta automática usando recursos tecnológicos para abordar o comportamento ondulatório da luz.

Esta dissertação está dividida, além desta breve introdução, em cinco capítulos. No capítulo 2 destacaremos em linhas gerais a fundamentação teórica usada no desenvolvimento deste produto, que é a teoria da aprendizagem de David Ausubel. No capítulo 3 discutiremos as teorias ondulatórias e corpuscular da luz, mostrando quando elas devem ser aplicadas. No capítulo 4 apresentaremos a metodologia usada na sala de aula para o desenvolvimento deste produto. No capítulo 5 analisaremos os resultados, e, no capítulo 6 apresentaremos as considerações finais.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE DAVID AUSUBEL

É de extrema importância a utilização de metodologias ou de materiais que servem como facilitadores de aprendizagem, no contexto escolar, para incorporar e também facilitar a inserção de novos conceitos na estrutura cognitiva do aluno. Para isso precisamos configurar estratégias de ensino para que haja interesse e participação dos discentes e, além disso, a aprendizagem deve se tornar significativa como afirmam Petrucci e Batiston (2006):

“[...] a palavra ‘estratégia’ possui estreita ligação com o ensino. Ensinar requer arte por parte do docente, que precisa envolver o aluno e fazer com ele se encante com o saber. O professor precisa promover a curiosidade, a segurança e a criatividade para que o principal objetivo educacional, a aprendizagem do aluno, seja alcançado” (Petrucci e Batiston, 2006, p. 263).

Para esta abordagem, em 1978, um teórico psicólogo da educação estadunidense chamado David Paul Ausubel (1918-2008), apresenta detalhes de seus estudos do ponto de vista cognitivo e ressalva que a concepção de “aprender” é diferente de “memorizar”, sendo processos que apresentam características cognitivas distintas (AUSUBEL, 1998). Nesta teoria destacam-se alguns elementos como base: os subsunçores, a formação de conceitos, as dimensões e o tipos de aprendizagem. Na aprendizagem significativa de Ausubel o aluno pode aprender por recepção ou por descoberta, sendo que a aprendizagem por recepção fica mais evidente. Neste sentido ele afirma que: “... dentro e fora da sala de aula a aprendizagem verbal significativa constitui o meio principal de adquirir grandes volumes de conhecimentos...” (AUSUBEL, 1978).

A contribuição de Ausubel foi, e ainda é, de extrema importância para os estudos cognitivos elaborados desde a década 60. A sua “teoria da aprendizagem significativa” nos mostra a importância de o professor fazer essa ligação entre o que o aluno tem de informação e o que ele recebe. Quando há essa ligação entre a informação nova e os conceitos preexistentes a aprendizagem se torna significativa, ou seja, a estrutura cognitiva organiza os novos conhecimentos recebidos e estes devem provocar uma mudança na estrutura cognitiva (SILVA e SCHIRLO, 2014). Em uma visão mais geral, Marco Antônio Moreira (MOREIRA, 2012) afirma:

“Aprendizagem significativa é aquela em que ideias expressas simbolicamente interagem de maneira substantiva e não-arbitrária com aquilo que o aprendiz já sabe. Substantiva quer dizer não-literal, não ao pé-da-letra, e não-arbitrária significa que a interação não é com qualquer ideia prévia, mas sim com algum conhecimento especificamente relevante já existente na estrutura cognitiva do sujeito que aprende” (SILVA e SCHIRLO, 2014, p. 2).

O conhecimento que leva a uma aprendizagem significativa pode ser um conceito, um modelo mental, um símbolo, uma imagem, mas sempre abordando o conhecimento prévio do aluno e, também, ele deve encontrar sentido no que ele está aprendendo (MOREIRA, 1995). A estes, Ausubel os chama de subsunçor ou ideia-âncora, que podemos entender como um ponto que dará partida para um novo conhecimento (AUSUBEL, 2000).

A parte desafiante é a interação e a ligação entre o novo conceito aprendido com os conhecimentos prévios dos alunos, pois, em sala de aula podem ocorrer vários tipos de aprendizagem na qual Ausubel os divide em dois aspectos: a aprendizagem significativa e a aprendizagem memorística, onde uma depende de como o aluno recebe a informação e a outra depende das estratégias adotadas pelo professor. Mas, o objetivo deste trabalho é fazer com que o novo conhecimento que o aluno recebe seja significativo, assim se a aprendizagem for significativa o aluno poderá lembrar de alguns detalhes, permitindo-lhe que não tenha um esquecimento total (MOREIRA, 2012).

A partir desses fundamentos da Teoria de Ausubel, que nos propõe que se elaborado um material, que seja significativo para o aluno, conseguiremos associar o novo conhecimento à sua estrutura cognitiva (AUSUBEL, 1978). Dessa forma, para os fundamentos do comportamento dual da luz os estudantes já tiveram os conhecimentos prévios sobre o comportamento ondulatório e corpuscular da luz no segundo ano do ensino médio que servirão de subsunçores para os conceitos sobre a dualidade da luz e suas aplicações neste projeto (RAMALHO, FERRARO, SOARES, 2013).

Quando há pouco ou nenhum conhecimento prévio na estrutura cognitiva do aluno sobre os conceitos que serão trabalhados, Ausubel recomenda o uso de organizadores prévios adequados para manipular a estrutura cognitiva do indivíduo e para facilitar a aprendizagem significativa. Para Moreira, os organizadores prévios são:

“... materiais introduzidos antes do próprio material de aprendizagem e apresentados em um nível mais alto de abstração, generalidade e inclusividade. Eles não devem ser confundidos com sumários e introduções que são escritos no mesmo nível de abstração, generalidade e inclusividade do material de aprendizagem em si, simplesmente destacando alguns pontos principais e omitindo informações importantes” (MOREIRA, 1982, p. 42).

A Teoria de Ausubel na educação é de grande relevância e a sua contribuição está ditada nos PCNs como a divisão dos ciclos pedagógicos. Nas etapas finais os conhecimentos prévios dos estudantes devem ser considerados com o domínio das etapas anteriores e isso faz com que os conceitos prévios dos alunos tenham significados e sejam capazes de construir e codificar os seus próprios conhecimentos. Para Mees (2012) a aprendizagem deve ser dinâmica e com a interação entre o professor e o aluno e com isso, novos subsunçores são construídos e os antigos são modificados.

2.2 DISCUSSÃO SOBRE A NATUREZA DA LUZ: NEWTON X HUYGENS

As discussões sobre o comportamento da luz decorrem há séculos e séculos e hoje percebemos a sua importância tanto no meio acadêmico quanto no desenvolvimento de materiais eletrônicos aplicado no nosso dia a dia. Foi nesse contexto que há muito tempo, desde a antiguidade, homens dotados de conhecimentos da natureza vêm debatendo sobre o comportamento da luz, seja ele teórico ou experimental:

“O debate sobre a natureza corpuscular e ondulatória da luz envolveu, durante séculos, estudiosos renomados como Isaac Newton, Jean Baptiste Biot, Roger Joseph Boscovich e Laplace defensores da visão corpuscular e aqueles que, de uma forma ou de outra, não admitiam o vácuo, Robert Hook, Christiaan Huygens, Thomas Young, Augustin Jean Fresnel, Armand Hyppolyte Louis Fizeau e Jean Baptiste Leon Foucalte – defensores da visão ondulatória” (CARUSO, OGURI. 2006, p. 147).

Dentre esses, no século XVII temos dois expoentes de influências importantes na Física da época, Newton (1642-1727) e Huygens (1629-1695). Em 1672, Isaac Newton, publicou seu primeiro artigo que tratava sobre a teoria da luz e suas cores, ele acreditava que a luz é um conjunto de pequenos corpúsculos que se deslocavam em linha reta e ao serem incididas, por exemplo, em um espelho, elas voltam devido a uma colisão elástica. Já para Huygens é a reflexão de uma onda e a sua argumentação é baseada na refração (PIETROCOLO,1993).

Para Newton, a luz se assemelha a pequenas “bolinhas” e essas bolinhas correspondem a diferentes tipos de cores, umas têm apenas uma cor e outras são compostas de duas cores. Para esta análise, Newton fez passar um feixe de luz por um prisma e observou que ela se decompõe separando-se em entidades menores que a compõe, dessa forma, a luz verde continua verde formada apenas por corpúsculos do verde, ou se divide em amarela e azul, se assim ela tiver sido composta por essas duas cores (SALVETTI, ALFREDO ROQUE, 2008).

Sobre o comportamento da luz e entre outros, Newton teve vários atritos acompanhado de críticas sobre o seu trabalho no qual defendia em especial a natureza da luz e um deles era Robert Hook (1635-1703) que em sua obra *Micrographia*, em 1672, afirma que:

“A luz é produzida por vibrações de um meio sutil e homogêneo e este movimento se propaga por impulso ou ondas simples e de forma perpendicular à linha de propagação” (HOOKE apud ROCHA, 2002, p. 230).

Além de Hooke havia Christiaan Huygens (1629-1695) em o “O “Tratado sobre a Luz” de Huygens, concluído em 1678 e publicado em 1690, nele, ele novamente mostrou sua necessidade de explicações mecânicas finais em sua discussão sobre a natureza da luz. Mas suas belas explicações de reflexão e refração – muito superiores às de Newton – eram inteiramente independentes das explicações mecânicas, sendo baseadas unicamente no princípio de Huygens de frentes de onda secundárias na qual se contrapõe ao modelo corpuscular de Newton afirmando que:

“[...] quando vemos um objeto luminoso, isso não poderia ocorrer pelo transporte de uma matéria que venha do objeto até nós, como uma flecha ou bala que atravessa o ar” (HUYGENS, 1986, p. 12).

Em 1670, Huygens retomou o conceito do ponto de vista ondulatório defendido por Hooke na qual foi capaz de explicar tanto os fenômenos de reflexão quanto os de refração. Essa concepção ondulatória para a luz era compatível com a não-aceitação da ideia de vácuo, pois, em analogia com as ondas sonoras, que necessitavam de um meio para se propagarem, foi resgatado o conceito de um meio no qual ocorreria os fenômenos luminosos: o éter (CARUSO, OGURI, 2006).

Segundo Roberto de Andrade Martins e Cibelle Celestino Silva no seu artigo sobre as pesquisas de Newton sobre a luz: Uma visão histórica, escreve:

“... devemos ressaltar que praticamente todos os estudos de Newton sobre a luz foram desenvolvidos muito antes da publicação da obra de Huygens, o Tratado sobre a luz, lançado em 1690; também devemos notar que nenhum dos dois pesquisadores criticou o outro em suas publicações e que, na verdade, eles eram amigos e se respeitavam mutuamente. Os autores que Newton efetivamente criticou foram Descartes e Hooke; no entanto, algumas das críticas que ele desenvolveu em relação a esses pensadores também se aplicam à teoria de Huygens” (ROBERTO E CIBELLE, 2015, p. 25).

Tudo isso nos faz acreditar que no final do século XVII, tínhamos duas teorias e não havia, a rigor, fenômenos que uma teoria explicava e a outra não, já que os fenômenos da reflexão, refração e propagação retilínea da luz esses fenômenos podem ser explicados por ambas as teorias. Mas Newton era considerado o grande gênio da física na época e, com seu prestígio, a sua teoria era mais aceita entre os cientistas ganhando forças no período de um século. Somente séculos depois, com as experiências de Thomas Young (1773-1829) e Augustin Fresnel (1788-1827), foi possível demonstrar a interferência e difração da luz, além da medição de sua velocidade em líquidos realizada por Foucault. Com isso a situação foi revertida dando credibilidade a concepção ondulatória da luz e a teoria corpuscular de Newton foi deixado de lado. Por outro lado, sabemos que as demonstrações experimentais são de suma importância tanto para o acadêmico quanto os alunos em sala de aula, pois é possível realizar tais práticas e considerar que ambos, tanto Newton quanto Huygens, fizeram a evolução no campo da física provando que estavam certos (MIRANDA, 2018).

2.3 TRABALHOS APRESENTADOS SOBRE O COMPORTAMENTO ONDULATÓRIO DA LUZ

Existem as mais diversas práticas e orientações metodológicas que podem ser implementadas para que se tenha o melhor engajamento dos estudantes nas aulas de ensino de física. Isso já vem sendo bastante discutidos e inclusive o PCN propõe orientações e informações sobre a importância de o aluno compreender e utilizar leis e teorias físicas e colocá-las em prática. Pinho-Alves (2000) defende que práticas de atividades experimentais que promovem o saber não devem estar ligadas exclusivamente aos laboratórios e sim a lugares que possam fazer ciência. Os trabalhos apresentados sobre a teoria ondulatória da luz, são reproduzidos com a realização de experimentos de baixo custo e podem ser apresentados em sala de aula (DA SILVA, KAWAMURA, 2001).

Atividades usando equipamentos eletrônicos nos confirmam que é possível apresentar e realizar experimentos que demonstram que existem aplicações da luz na faixa do invisível (infravermelho). Os trabalhos de Daniel, Germano, Rudy e Teo (2011) realizam atividades usando um LED infravermelho e para que possam ver a emissão da radiação eles utilizaram uma câmera via USB.

Para a comprovação da radiação dos raios invisíveis, um dos primeiros experimentos realizados foi elaborado pelo William Herschel (1800), no qual fez um aparato que comprovou a existência da radiação de infravermelho. No trabalho de Oliveira e Silva (2014) destacam-se a seguinte observação sobre o trabalho de Herschel:

“Ele conclui que: (i) há raios vindos do Sol que são menos refrangíveis do que aqueles que afetam a visão e que possuem alto poder de aquecimento e nenhum de iluminar; (ii) o máximo poder de aquecimento está entre os raios invisíveis e a menos de meio polegada além do vermelho visível” (OLIVEIRA E SILVA, 2014, p. 7.).

No trabalho de Alexandre, Flávio, Mariana e Teodiano (2015) os autores usaram um sistema embarcado com sensores de infravermelho para ajudar cadeirantes a acionarem equipamentos eletrônicos possibilitando a sua autonomia.

Já no trabalho de Souza, Silva, Huguenin e Balthazar (2015) eles discutem sobre uma proposta de atividade experimental de baixo custo para a demonstração da propagação retilínea, difração e interferência da luz. Após a aplicação e a discussão dos resultados tiram-se algumas conclusões:

“Dessa forma, apesar do experimento de difração ter sido realizado com materiais de baixo custo, entendemos que o resultado da medida é bem convincente, podendo ser utilizado para fins didáticos. As realizações de medidas de espessuras permitem, ainda, que o aluno de ensino médio tenha uma vivência experimental e possa lidar com efeitos científicos de grande aplicação tecnológica” (SOUZA, SILVA, HUGUENIN, BALTHAZAR, 2015, p. 6).

No trabalho de Luiz, Cleci e Álvaro (2016) os autores apresentam a construção de um material didático de baixo custo para demonstrar e visualização do fenômeno da interferência e difração luz, que são efeitos ondulatórios da luz, em sala de aula e um dos objetivos é “despertar nos estudantes a curiosidade e o prazer pela Ciência”. Esta didática promove a prática relacionada aos experimentos de Young. Para a construção do equipamento eles utilizaram apenas duas lâminas de vidro, tinta preta, duas lâminas de aço e uma lâmpada com suporte. Eles concluem que:

“o equipamento é capaz de proporcionar estratégias de aprendizagem que provocam desafios e oportunidades, auxiliando o professor de Física a planejar suas aulas com elementos concretos por meio dos quais os seus aprendizes possam construir e reconstruir saberes” (LUIZ, CLEICE e ALVARO, 2016, p. 25).

No trabalho de Silva e Leal (2016) os autores propuseram construir equipamentos de baixo custo para as escolas de rede pública e um dos equipamentos realizados pelos autores foi o trilho óptico feito com tubos de PVC que pode servir para realizar algumas demonstrações em sala de aula.

“A realização de diversas práticas de laboratório de óptica geométrica, tais como: propagação retilínea da luz, formação de imagens em espelhos planos, côncavos e convexos, câmara escura, lei de Snell, entre outras (SILVA E LEAL, 2016, p. 3).

Eles esperam que:

“... a introdução de experimentos demonstrativos também contribua como elemento fomentador da construção de um pensamento científico e o desenvolvimento da intuição física no ambiente escolar” (SILVA e LEAL, 2017, p. 1).

Este trabalho foi aplicado no Colégio Estadual de João Alfredo, no Rio de Janeiro e foram envolvidas mais de 1.000 pessoas incluindo professores e estudantes para a construção dos experimentos.

No trabalho de Bianca, Hélio e Rayane (2020) os autores preparam um guia didático que aborda sobre o ensino de física no contexto ondulatório, onde descrevem os conceitos básicos, a classificação das ondas, e abordam alguns fenômenos associados a propagação de ondas. Além dos recursos didáticos, como as atividades experimentais, eles utilizaram o simulador *Phet* para abordar a reflexão e refração de uma onda.

2.4 TRABALHOS APRESENTADOS SOBRE O COMPORTAMENTO CORPUSCULAR DA LUZ

No trabalho de Eduardo e Alisson (1998), os autores apresentam sugestões sobre como introduzir a parte conceitual e prática, relacionado ao tópico sobre o efeito fotoelétrico, dando ênfase ao cotidiano dos alunos. Eles elaboram um circuito eletrônico que permite abordar sobre como funciona o sistema de iluminação pública. Já no trabalho de Silva e

Denny, os autores confeccionam uma placa solar feita de LEDs de auto brilho elaboradas em sala de aula com a colaboração dos alunos. Stenio e Adriana (2012), Claudiely (2015), Ramon e Adriana (2015) usam simuladores computacionais para demonstrar a aplicação dos fenômenos relacionados ao efeito fotoelétrico. Para Stenio e Adriana afirmam que “A simulação computacional proporciona ao aluno um ambiente interativo e construtor do conhecimento, que é muito valioso para o estudo da Física” (STENIO E ADRIANA, 2012).

Davi, Alex, Juliana e Douglas (2018) apresentam em seu trabalho uma atividade experimental utilizando componentes eletrônicos: LDR, protoboard, uma fonte de luz e fios. A ideia foi realizada da seguinte maneira: Incidiu-se a luz sobre o LDR e observou-se a sensibilidade do componente eletrônico absorvendo energia. Além desses materiais eles utilizam o aplicativo *Phet* para demonstração do efeito fotoelétrico.

“A utilização de meios computacionais como ferramenta auxiliar, é uma ótima proposta, pois destaca-se a facilidade em compreender os fenômenos físicos estudados. Em geral, essas atividades levam um tempo para ser realizadas e pode ser aplicada a uma aula com ênfase expositiva, tornando ao aluno uma experiência prazerosa” (DAVI, ALEX, JULIANA, DOUGLAS, 2018. p. 844)

Vimos, portanto, alguns trabalhos que mostram que é possível a construção e o uso de atividades experimentais em relação ao tópico de Física Moderna no contexto sobre o comportamento ondulatório e corpuscular da luz e que podem ser aplicadas em sala de aula. As propostas são para tornarem a disciplina de física mais dinâmica e de fácil compreensão para o estudante garantindo, assim, um processo de ensino aprendizagem e o interesse pela ciência.

3 CONTEXTUALIZAÇÃO FÍSICA

3.1 CONTEXTO HISTÓRICO SOBRE COMPORTAMENTO ONDULATÓRIO E CORPUSCULAR DA LUZ

No século XVII surgiram muitos cientistas conhecidos como filósofos da natureza. Sobre o comportamento ondulatorio da luz, destacou-se o filósofo Christian Huygens (1629 – 1695) que em sua obra “*Tratado sobre a luz*” dedicou-se a explicar que a luz provoca uma vibração e tais vibrações quando ocorrem de forma muito rápida chegam ao ponto de se propagarem no éter. Sônia, Glória e Diego em seu trabalho sobre “o tratado sobre a luz de Huygens: comentário” afirmam que Huygens comparou o comportamento ondulatorio da luz ao comportamento sonoro, afirmando que:

“Considera-se certo que a sensação de visão é excitada pela impressão de algum movimento de uma matéria que age sobre os nervos no fundo de nossos olhos e essa é ainda uma outra razão para se crer que a luz consiste em um movimento da matéria que se encontra entre nós e os corpos luminosos” (SÔNIA, GLÓRIA E DIEGO. 2011, p. 126).

O desenho de Huygens indica uma progressão da onda em tempos iguais, ou seja, saindo de diferentes pontos, com A, B e C, de uma vela, ou seja, o objetivo é tentar mostrar como a luz se propaga por meio de ondas sonoras, como o da figura 1.

Figura 1: Ilustração de Huygens em sua obra: tratado sobre a luz



Fonte: encurtador.com.br/hqsK1

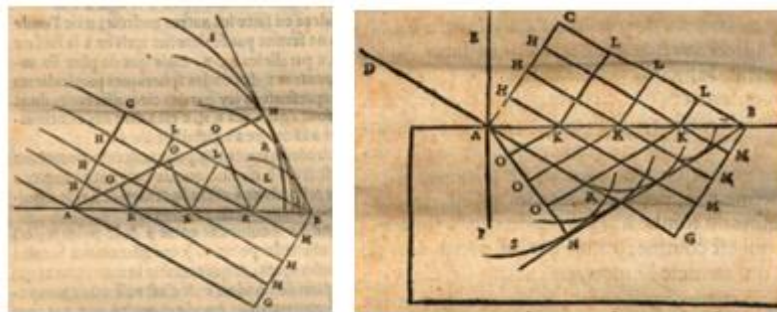
De acordo com o desenho de Huygens percebemos que está criticando a teoria corpuscular de Newton e em sua obra verifica-se que a seguinte passagem: “[...] quando vemos um objeto luminoso, isso não poderia ocorrer pelo transporte de uma matéria que venha do objeto até nós, como uma flecha ou bala que atravessa o ar” (MARTINS, 1986).

A interpretação da luz como pulsos, A, B e C, independentes de Huygens foi inspirada nos trabalhos de Hooke, que já possuía a visão de que a luz se propagava como um impulso através de um meio, semelhante ao do som. Porém essa analogia feita por Huygens tinha um certo problema, o som não se propagava no vácuo. Mas ele fez a seguinte correção:

“Para tentar consertar esse problema que emergia nos seus estudos, Huygens concebe um meio especial por onde a luz deveria se propagar. A esse meio, ele chama de éter luminífero. Com base nesse modelo, por ele criado, Huygens foi capaz de explicar algumas propriedades da luz: propagação retilínea, reflexão regular e difusa, refração, entre outras” (DA CRUZ SILVA, 2011, p. 25).

Com a sua convicção que sua teoria estava correta, ele explicou alguns fenômenos como a propagação retilínea da luz e o desvio dos ângulos refratados usando geometria, de acordo com a figura 2.

Figura 2: Reflexão e refração da luz: ilustração de Huygens



Fonte: encurtador.com.br/ouJOX

Naquela época, século XVII, muitas explicações dos fenômenos naturais eram evidenciadas pela geometria e Huygens as usava para explicar a reflexão do fenômeno estudado. Em quase toda sua obra, ele não recorre à álgebra diretamente, deixando quase de lado o uso de equações para explicá-la (DA CRUZ SILVA, 2011).

3.2 CONTRIBUIÇÃO DE YOUNG E FRESNEL PARA A TEORIA ONDULATÓRIA DA LUZ

Em 1800, um artigo publicado por Thomas Young (1773-1829) “*On the Theory of Light and Colours*”⁸, onde realizou um experimento conhecido como dupla fenda, na qual foi

⁸ Traduzido como: “sobre a teoria da luz e das cores”

comprovado que a luz se comporta como uma onda e não como uma partícula, como afirmava Newton.

“Somente mais tarde, no início do século XIX, após os experimentos do inglês Thomas Young e do francês Augustin Fresnel sobre a interferência e a difração da luz, e com as medições da velocidade de propagação da luz, feitas pelo francês Léon Foucault, a concepção ondulatória da luz foi aceita pela maioria dos físicos” (CARUSO, OGURI, 2016, p. 3).

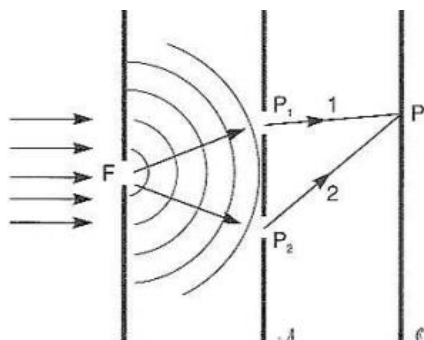
Os experimentos foram iniciados em 1800 e foram publicados somente em 1803, onde Young e Fresnel descrevem uma abordagem qualitativa sobre o comportamento ondulatório da luz, mas somente em 1826 após uma série de análises que se pode considerar o modelo ondulatório da luz (CARUSO e OGURI, 2016).

O experimento que Young, conhecido como dupla fenda, comprovam de uma vez por todas que a luz tem, realmente, um comportamento ondulatório: “os fenômenos de difração como os de interferência, aos quais estão estreitamente ligados, são característicos de uma teoria ondulatória” (MOYSÉS, 2014). A difração é a capacidade de contornar obstáculos ou aberturas como os orifícios com dimensões comparáveis ao comprimento da onda ao ser emitida.

“Na verdade, quanto mais reduzimos a largura da fenda (na esperança de produzir um feixe mais estreito), maior é o alargamento causado pela difração. Assim, a óptica geométrica só é válida quando as fendas ou outras aberturas que a luz atravessa não tem dimensões da mesma ordem ou menores que o comprimento de onda da luz” (WALKER; HALLIDAY; RESNICK, 2009, p.81).

Para demonstrar esse efeito, Young usou uma fonte puntiforme de luz e os descreve da seguinte forma: ao iluminar um anteparo A onde havia duas fendas P_1 e P_2 muito próximas entre si, e observou o resultado sobre o outro anteparo O, onde cada ponto P é atingido por dois caminhos diferentes 1 e 2, como descrita na figura 3 (MOYSÉS, 2014).

Figura 3: Experimento de Young da fenda dupla.



Fonte: Moysés, 2014.

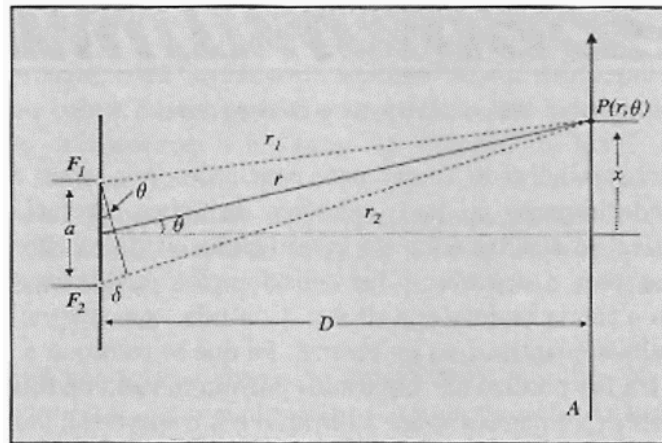
Se de fato a luz exibe uma natureza ondulatória então no ponto P aparecem regiões de máximos e mínimos de intensidades luminosas formando um padrão de interferências brilhantes e escuras denominadas de franjas de interferência.

Para uma análise matemática da difração e interferência de Young, podemos analisar os seguintes argumentos matemáticos baseado no livro de CARUSO e OGURI, 2016, Física Moderna: origens clássicas e fundamentos quânticos: Sejam ψ_1 e ψ_2 , funções de ondas luminosas coerentes de amplitudes $\psi_0(r_1)$ e $\psi_0(r_2)$,

$$\begin{cases} \psi_1 = \psi_0(r_1)\text{sen}(kr_1 - \omega t) \\ \psi_2 = \psi_0(r_2)\text{sen}(kr_2 - \omega t) \end{cases} \quad (1)$$

Tais funções têm a mesma frequência $f = \omega/2\pi$ e mesmo comprimento de onda $\lambda = 2\pi/\kappa$ que foram originadas das duas fendas F_1 e F_2 distanciadas por um comprimento a de acordo com a figura 4.

Figura 4: Esquema de interferência de ondas originadas em duas fendas e um anteparo.



Fonte: CARUSO e OGURI, 2016.

Considerando que r , r_1 e r_2 são muito maiores que a e analisando o ponto $P(r, \theta)$, as amplitudes e a diferença entre as duas ondas são dadas por:

$$\begin{cases} \psi_0(r_1) = \psi_0(r_2) = \psi_0(r) \cong \psi_0 & (\text{constante}) \\ \delta = r_1 - r_2 \cong a\text{sen}\theta \cong a\text{tg}\theta \cong a\theta. \end{cases} \quad (2)$$

A perturbação resultante no anteparo (ponto P) é dada por:

$$\psi = \psi_1 + \psi_2. \quad (3)$$

Se as duas ondas possuem a mesma frequência, então podemos observar que a intensidade luminosa é proporcional ao valor médio quadrático da função de onda resultante, ou seja,

$$I \propto \langle \psi^2 \rangle_T = \langle (\psi_1 + \psi_2)^2 \rangle \quad (4)$$

Substituindo (1) em (4), ficamos com,

$$\psi^2 = (\psi_1 + \psi_2)^2 = \psi_0^2 \text{sen}^2(kr - \omega t) + \psi_0^2 \text{sen}^2(kr - \omega t + k\delta) + 2 \psi_0^2 \text{sen}(kr - \omega t) \text{sen}(kr - \omega t + k\delta),$$

Tomando a média temporal, obtemos,

$$I = I_0 \cos^2\left(\frac{k\delta}{2}\right) \quad (5)$$

A partir da expressão (5), dependendo do valor de $k\delta$ podemos ter intensidade máxima, $I_{\max} = I_0$, e mínima, $I_{\min} = 0$, quando:

$$k\delta = \begin{cases} 2\pi & (\text{máximo}) \\ (2n + 1) \cdot \pi & (\text{mínimo}) \end{cases} \quad (6)$$

Usando o fato que $\kappa = 2\pi/\lambda$, no caso de intensidade máxima (interferência construtiva), da eq. (6) obtemos:

$$\delta = n \cdot \lambda, \text{ com } n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \quad (7)$$

Escrevendo a diferença de caminho óptico em função da posição ao longo do anteparo A, $\delta = \frac{a}{D}x$, reescrevemos a expressão (5) na forma,

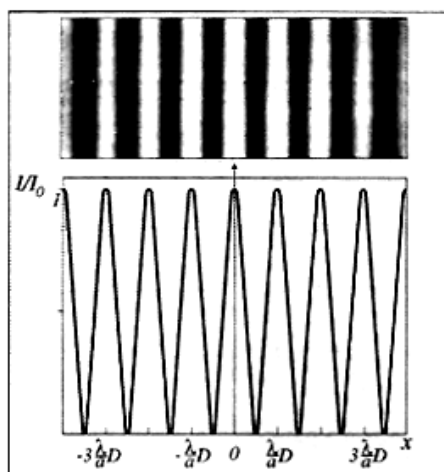
$$I = I_0 \cos^2\left(\frac{\pi a}{\lambda D} x\right). \quad (8)$$

Onde os pontos de máximos estarão localizados nas posições:

$$x_n = n \cdot \frac{\lambda}{a} D, \quad \text{para } n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \quad (9)$$

Podemos representar, experimentalmente, os pontos de máximos e mínimos no anteparo A de acordo com a figura 5.

Figura 5: Franjas de interferência e curva no anteparo.



Fonte: CARUSO e OGURI, 2016.

O experimento mostra que a luz é uma perturbação em um meio etéreo, podemos definir que a luz tinha definitivamente um comportamento ondulatório e, em contrapartida com as ideias de Newton, não consegue explicar os fenômenos da difração e interferência (CARUSO, OGURI, 2016). Além disso, Young conseguiu medir o comprimento de onda médio da luz solar; o valor obtido por ele na época foi de 570 nm, já o valor aceito atualmente está próximo de 555 nm. (HALLIDAY, DAVID, 2009).

Em 1819, a Academia Francesa de Ciências promoveu um concurso para premiar o melhor trabalho sobre difração e esse prêmio foi entregue a Fresnel (1788-1827) que fez incidir luz sobre um disco opaco e observou-se no anteparo franjas claras e escuras e um ponto luminoso bem no centro do anteparo. “Com a vitória do trabalho de Fresnel nessa competição, a teoria ondulatória obteve uma importante aceitação pública – a explicação de interferência da difração teve de ser reconhecida, pelo menos publicamente, pelos corpuscularistas franceses” (FRANKEL, 1976).

O formalismo matemático sobre a descrição das ondas eletromagnéticas se deu com James Maxwell (1831-1879), que em 1873, conseguiu corrigir e unificar as equações, que em tese já estavam deduzidas, as do campo elétrico e do campo magnético. Essas equações de Maxwell podem ser encontradas no seu livro: “Um tratado sobre eletricidade e magnetismo” (MAXWELL, 1873). E para comprovar que a luz é de fato uma onda e constituída pela vibração dos campos elétricos e magnéticos que se propagam no espaço, foi necessário a realização do experimento de Heinrich Rudolf Hertz (1857-1894) em 1887, chamado de dipolo hertziano onde comprova-se a propagação de ondas no espaço. Junto a

essa veio o desenvolvimento tecnológico e por volta de 1888 veio a descoberta das ondas de rádio (HERTZ, 1887). E como consequência desse experimento, Hertz descobriu acidentalmente o efeito fotoelétrico (MANGILI, 2012).

3.3 DAS ONDAS ELETROMAGNÉTICAS À NATUREZA CORPUSCULAR DA LUZ E O EFEITO FOTOELÉTRICO

Em 1879, um prêmio oferecido pela Academia de Ciências de Berlim para a verificação experimental da teoria de James Clerk Maxwell (1831-1879) chamou a atenção de um cientista chamado Heinrich Rodolph Hertz (1857-1894). Hertz, como é conhecido, resolveu o problema de Maxwell provando que as ondas eletromagnéticas, previstas por Maxwell, se propagam no ar (MAXWELL, 1865). Essas ondas ficaram conhecidas como ondas hertzianas.

“É possível afirmar que a realização desse experimento permitiu a Hertz caracterizar a propagação da onda, a polarização do meio, e a sua comparação com a luz, alvos principais desses experimentos. Todavia, durante o curso dessa investigação, um fenômeno chamou a atenção de Hertz, um efeito notório que, segundo ele, não poderia ser negligenciado” (MANGILI, 2012, p. 44).

Em uma publicação de um artigo de Maxwell: “*A Dynamical Theory of the Electromagnetic Field*⁹” em 1865 mostra que todos os fenômenos eletromagnéticos podem ser descritos usando um conjunto de equações conhecidas como as equações de Maxwell.

Essas equações vieram da contribuição de Ampère, Faraday, Lenz e Gauss, que descrevem os fenômenos elétricos e magnéticos. Maxwell reuniu essas e acrescentou, matematicamente, a sua contribuição à física moderna dando início a um novo campo da física, o eletromagnetismo.

“Ao fazer isso, Maxwell sintetizou as leis do magnetismo em quatro equações que descrevem as relações entre campo elétrico e magnético e suas fontes, formando a base do eletromagnetismo clássico. A lei de Gauss da eletricidade e a lei da Faraday-Lenz são duas equações de Maxwell que dizem respeito às duas formas de geração de campo elétrico e a lei de Gauss do magnetismo e a lei de Ampère-Maxwell relacionam a geração de campo magnético” (SIQUEIRA, 2021, p. 93572)

⁹ Tradução: Uma teoria dinâmica do campo eletromagnético.

As quatro equações, conhecidas como equações de Maxwell na sua forma diferencial, mais tarde foram descritas na forma integral, cujas grandezas são: \vec{E} é o campo elétrico, \vec{B} a indução magnética, t é o tempo, \vec{H} a indução magnética, \vec{D} é a indução elétrica, \vec{j} a densidade superficial ρ a densidade volumétrica.

$$1. \nabla \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t},$$

$$2. \nabla \times \vec{H} = \vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t},$$

$$3. \nabla \times \vec{D} = \rho,$$

$$4. \nabla \times \vec{B} = 0,$$

A equação 1, baseada na Lei de Faraday, percebemos que ela descreve a variação do campo elétrico equivalente a variação da indução negativa do campo magnético com um certo tempo, ou seja, campos magnéticos variáveis produzem correntes elétricas, quanto maior a taxa da variação maior será a corrente induzida. Já na equação 2, descreve que a variação do campo magnético pode depender da corrente elétrica e da variação da indução elétrica. Na equação 3, determina que a densidade da carga é uma fonte de linhas do fluxo elétrico induzido e ela é baseada na Lei de Gauss para campos elétricos. Por fim, na equação 4, baseada na Lei de Gauss para campos magnéticos, reforça a ideia de que não há como conhecer os polos magnéticos, pois o fluxo é sempre encontrado em um caminho fechado e não se propaga de uma origem (PASSOS, DE OLIVEIRA, GOMES. 2019, p. 265)

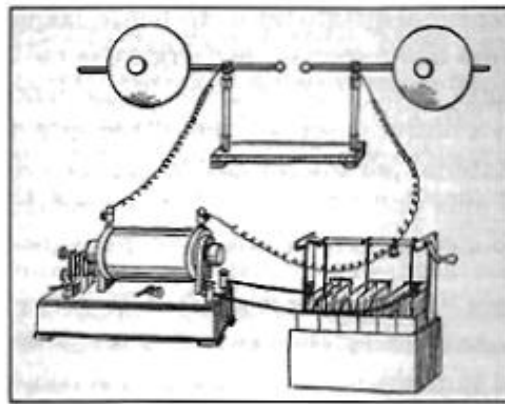
Essas quatro equações de Maxwell envolvem o campo elétrico, o campo magnético, a distribuição de cargas e a distribuição de corrente. Elas nos mostram que além de descrever os campos elétricos e magnéticos elas também nos possibilitam prever a existência de ondas eletromagnéticas como as ondas de rádio, infravermelho entre outras.

A partir destas equações é possível demonstrar matematicamente que a luz é uma onda que oscila em um campo elétrico e magnético, são transversais e se propagam no espaço com uma velocidade c .

“Apesar da natureza discreta da matéria, o efeito resultante pode ser caracterizado por alterações ou perturbações de algumas propriedades macroscópicas do meio, tais como a densidade e a pressão em um gás, ou o deslocamento dos pontos de uma corda elástica com relação a sua posição de equilíbrio” (CARUSO, OGURI, 2016, p. 2).

O aparato experimental elaborado por Hertz para a comprovação que as ondas eletromagnéticas se propagam no meio, proposta por Maxwell, era bem simples: um gerador de corrente elétrica conhecida como garrafa de Leyden, um circuito aberto ligado ao gerador e outro circuito receptor, uma bobina de Knochenhauer¹⁰, de acordo com a figura 6.

Figura 6: Esquema do aparato usado por Hertz para mostrar a existência de ondas eletromagnéticas.

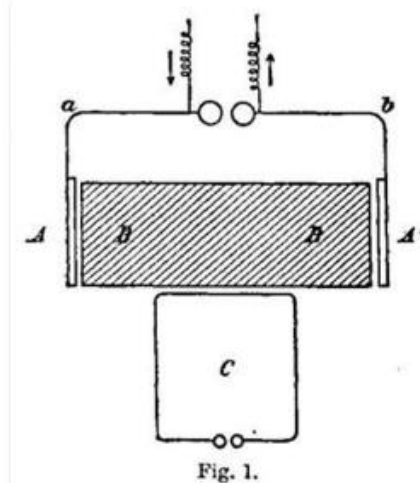


Fonte: Caruso e Oguri, 2016.

O problema é que Hertz não sabia explicar um fenômeno incomum em seu experimento relacionado à comprovação da luz como ondas eletromagnéticas, ou seja, alguns pontos chamaram a sua atenção ao observar *sparks*, pequenas faíscas, eram geradas no eletrodo primário e incididas no eletrodo secundário formando uma corrente elétrica, fechando o circuito, como mostrado na figura 6 (MANGILI, 2012). A partir daí, Hertz explica o seu experimento elaborado a partir do circuito da figura 7.

¹⁰ As bobinas de Knochenhauer consistiam em fios enrolados de forma plana e selados com cera para isolar um fio do outro.

Figura 7: circuito elaborado por Hertz para produzir *sparks*.



Fonte Internet

A proposta de Hertz para comprovar que as ondas se propagavam no espaço era da seguinte forma:

O plano que eu adotei foi o seguinte: O condutor primário tinha a forma demonstrada na figura 1; entre as placas A e A', em seu fim, era introduzido um bloco BB de enxofre ou parafina e esse era rapidamente removido. Eu coloquei o condutor secundário C nessa mesma posição, em relação ao primário, como antes (a única posição que eu tinha levado em consideração) e esperei que quando o bloco estivesse no local, *sparks* muito fortes apareceriam no circuito secundário, e que quando o bloco fosse retirado teríamos somente poucas *sparks*” (HERTZ, 1887, Apud MANGILI, 2012, p.42).

A partir desse experimento surge mais um problema, ou seja, a teoria de Maxwell não consegue explicar esse fenômeno, era um efeito estranho nunca abordado antes e não poderia ser rejeitado (MANGILI, 2012). No entanto, podemos afirmar que Hertz conseguiu realizar o experimento e demonstrar para a academia de ciências que a teoria de Maxwell, de que a luz é uma onda eletromagnética, estava comprovada e conseguia realizar o mesmo experimento em diversos meios: “A hipótese de a luz ser um fenômeno elétrico é dessa maneira feita altamente provável. Para obtermos uma prova rigorosa dessa hipótese requereríamos logicamente experimentos acerca da luz” (HERTZ, 1887, Apud MANGILI, 2012).

O tal efeito estranho de que Hertz havia notado é de fato, como conhecemos hoje, o efeito que demorou cerca de 10 anos para compreendermos. Com a publicação do artigo do físico alemão Albert Einstein (1879-1955), em 1905, denominado por *Über einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt*¹²⁶ (Sobre um ponto de vista heurístico relativo à geração e à transformação da luz) (EINSTEIN, 1905). Com isso, foi dado o nome do fenômeno que conhecemos hoje, o efeito fotoelétrico ou efeito

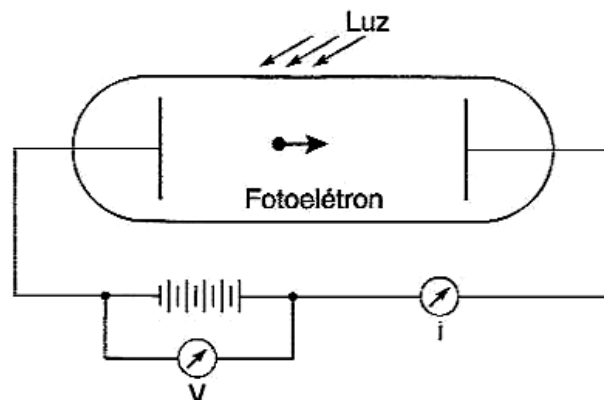
hertziano. A partir dessas descobertas sobre as ondas eletromagnéticas vieram também o desenvolvimento tecnológico como, por exemplo, o rádio e o telégrafo.

3.4 O EFEITO FOTOELÉTRICO

A partir de 1887 começaram a surgir problemas na teoria eletromagnética de Maxwell, que não conseguia explicar esse fenômeno descoberto por Hertz e na virada do século XX volta-se à pergunta: “qual é a natureza da luz?”.

O primeiro a estudar sobre as características do efeito fotoelétrico foi o físico alemão Philipp Lenard (1862-1947) (LENARD, 1902), que usou um aparato experimental bastante peculiar como da figura 8.

Figura 8: Experimento para verificar o efeito fotoelétrico.



Fonte: Moysés, 2014.

Para o estudo do efeito fotoelétrico, utilizou-se um tubo de gás rarefeito para que a passagem dos elétrons não sofressem interferências de moléculas e um catodo (placa emissora) que será iluminado por uma luz. Os elétrons ejetados pelo catodo serão coletados pelo ânodo (placa coletora) que serão chamados de fotoelétrons, e quando eles aparecerem no anodo aparecerá uma corrente elétrica que será medida por um amperímetro e um voltímetro (V) que é regulável podendo aumentar ou diminuir a voltagem V (MOYSÉS, 2010).

A luz que incide na placa emissora é caracterizada por duas propriedades da luz, a frequência e a intensidade na qual Lenard destaca alguns pontos:

1 – Ao incidir luz na placa emissora percebemos que a corrente depende da intensidade luminosa, o que classicamente é entendido.

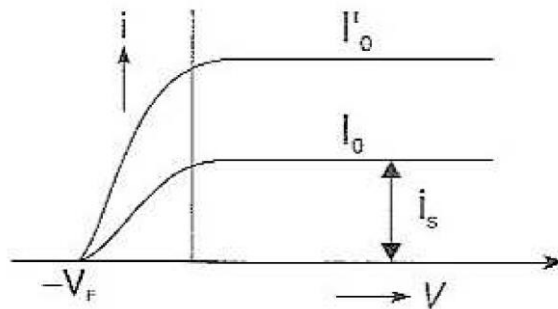
2 – A corrente aparece no amperímetro de forma instantânea, assim que ligada a luz ela aparece e isso não depende da intensidade luminosa, ou seja, $\Delta t \sim 0$. E isso tem um problema pois não era explicado classicamente.

3 – Só existem corrente elétrica para certas frequências, ou seja, para que $i \neq 0$ é necessário que $f \geq f_0$, f é a frequência e f_0 é a frequência de corte que é a frequência mínima que a luz tem que ter para que o efeito fotoelétrico ocorra. Além disso, essa frequência de corte depende do tipo de metal que o catodo era feito. E isso não é explicado classicamente.

4 – A função da bateria é quando: se $\Delta V > 0$, a corrente fica constante e se $\Delta V < 0$ os elétrons não conseguem chegar no anodo, seria o potencial de freamento e, portanto, $i = 0$.

Como resultados da variação de V com i pode-se destacar de acordo com o gráfico da figura 9.

Figura 9: variação de i x V .



Fonte: Moysés, 2014.

A interpretação dos resultados de Lenard nos garante que a luz deve fornecer energia suficiente para arrancar os elétrons do metal e quanto maior a intensidade da luz maior é a corrente elétrica de acordo com a figura 8. É importante ressaltar que para uma mesma frequência o potencial de corte independe da intensidade luminosa e o resultado obtido é contrário ao previsto pela teoria clássica, onde previa que com o aumento da intensidade luminosa obteríamos um aumento da energia cinética máxima dos elétrons K_{max} que é dada por:

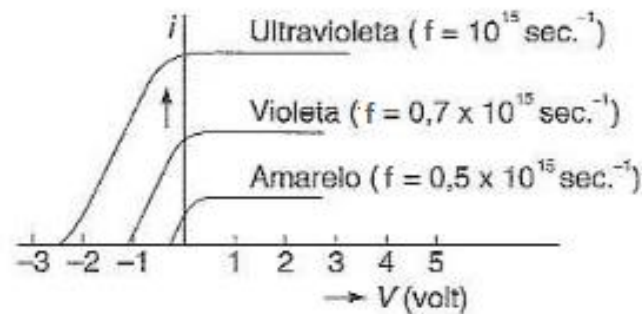
$$K_{max} = eV_0 \quad (10)$$

Classicamente, o potencial de corte (V_0) tem uma relação entre a energia cinética máxima (K_{max}) e a carga do elétron (e).

“Como interpretar esses resultados? A produção de fotocorrente pela luz deve resultar de que a luz forneça energia suficiente para arrancar elétrons da vizinhança da superfície do material do catodo. Quando um elétron é extraído, a carga positiva remanescente tende a atraí-lo de volta, e é preciso fornecer energia suficiente para vencer essa atração” (Moysés, vol4, 2006, p.251)

Ao observar outros resultados com frequências diferentes, obtemos o gráfico da figura 10.

Figura 10: Variação de i com a frequência.



Fonte: Moysés, 2014.

Ou seja, para cada frequência experimentada obtemos um potencial de corte específico.

A energia mínima que é necessária para que os elétrons saiam do metal é chamada de função trabalho W , ou seja, a luz incidente dá uma certa energia ε para o elétron e se essa energia for maior que a função trabalho alguns elétrons escaparão e quando eles escapam eles saem com uma energia cinética máxima K_{max} :

$$K_{max} = \varepsilon - W \quad (11)$$

A energia que eles ganharam é igual a diferença entre a energia que foi recebida e a energia gasta. Em 1905, Einstein (1879-1955) propõe uma explicação do efeito fotoelétrico que consegue explicar o que a teoria clássica não consegue. A teoria corpuscular de Newton é ressurgida tendo uma nova “roupagem” afirmando que a luz é uma partícula e essa partícula carrega consigo um pacote de energia que ele chamou de *quantum* de energia ou *quanta* de luz, (DANIEL, 2005).

Einstein, para explicação do efeito fotoelétrico, propõe alguns postulados a respeito da composição da luz e utilizou as ideias de Wien sobre a descrição da radiação do corpo negro para chegar na quantização de energia, ou seja, a troca de energia entre a matéria

e a radiação só poderia ser dado por um múltiplo inteiro por um certo *quantum* de energia denominado de hf , h é a constante de Planck. Plank chegou a essa ideia de uma maneira fenomenológica, enquanto Einstein propõe o seguinte:

1. Não somente a troca de energia entre radiação e matéria seja quantizada, mas a própria luz seja quantizada, isto é, a luz é um conjunto de aglomerados de energia onde cada aglomerado tem uma energia que é dada por hf que chamou de *quantum* de luz.

2. Em uma interação entre um fóton e um elétrons, a energia do fóton é transmitida integralmente para o elétron.

3. No efeito fotoelétrico, só existe a interação entre um elétron e um fóton, ou seja, um fóton só dá energia para um elétron, $E = hf$.

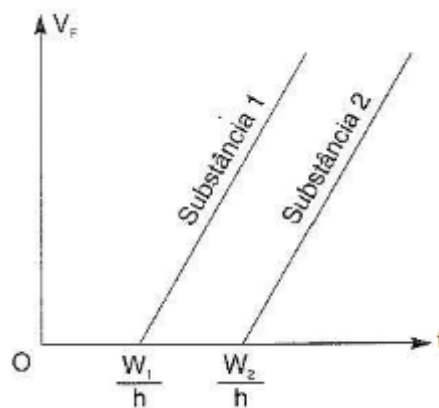
Com estas hipóteses, Einstein reescreve a eq. (11) na forma:

$$\frac{1}{2}m_e v_m^2 = eV_f = hf - W \quad (12)$$

Mostrando que a energia cinética máxima varia linearmente com a frequência ($f > f_0$). Se a fórmula para o efeito fotoelétrico é verdadeira, então o coeficiente angular é h/e .

Essa teoria foi de extrema importância para o entendimento do efeito fotoelétrico e coube a Millikan (1868-1953) a realizar os experimentos que comprovou em 1916, em seu artigo “*A Direct Photoelectric Determination of Planck’s “h”*” (MILLIKAN, 1916). O resultado que obteve está representado na figura 11.

Figura 11: Variação de V_f com f .



Fonte: Moysés, 2014.

Milikan demonstrou a validade da fórmula de Einstein (12) para diferentes substâncias onde o coeficiente angular é o mesmo. Em 1921 foi dado o prêmio Nobel a Einstein pela teoria do efeito fotoelétrico. A partir dessas teorias foram surgindo inúmeras aplicações, como os sensores de controle de abertura de porta, placas solares, relé fotoelétrico entre outros.

4 METODOLOGIA

A aplicação deste projeto foi na Escola Nossa Senhora do Rosário, escola privada, no interior do Amazonas, na cidade de Itacoatiara, com a turma do 3º ano do Ensino Médio num total de 25 alunos. A aplicação e o desenvolvimento do projeto foram previamente autorizados pela direção da escola seguindo as recomendações sanitárias como o uso de máscaras e álcool em gel que foram usados nos materiais manipuláveis na aplicação da oficina, mesmo vivenciando um momento posterior ao ápice da crise viral da COVID-19 e, por este motivo, tivemos que fazer algumas adaptações em relação ao número de aulas.

Ao todo foram realizadas 3 aulas num total de 45 minutos cada. Para anteceder as abordagens teóricas e as demonstrações dos aparatos experimentais, foi feito um questionário com 6 questões subjetivas para aferir os conhecimentos prévios dos alunos sobre os fenômenos luminosos e suas aplicações no dia a dia. Todas as abordagens sobre os contextos históricos e das simulações, serão apresentados em Slides usando computador e um projetor Data Show.

4.1 SEQUÊNCIA METODOLÓGICA DAS AULAS

4.1.1 AULA 1: APLICAÇÃO DO TESTE

Primeiramente iniciaremos a aula fazendo uma apresentação do tema do projeto assim como seus objetivos, num total de aproximadamente 10 minutos, e em seguida aplicaremos um teste para verificar os conhecimentos prévios (subsunçores) dos alunos a respeito dos fenômenos luminosos. Cada pergunta sugerida no teste será abordada e comentada durante o processo com a turma. O tempo de duração do teste será no máximo 35 minutos, que é o tempo de uma aula.

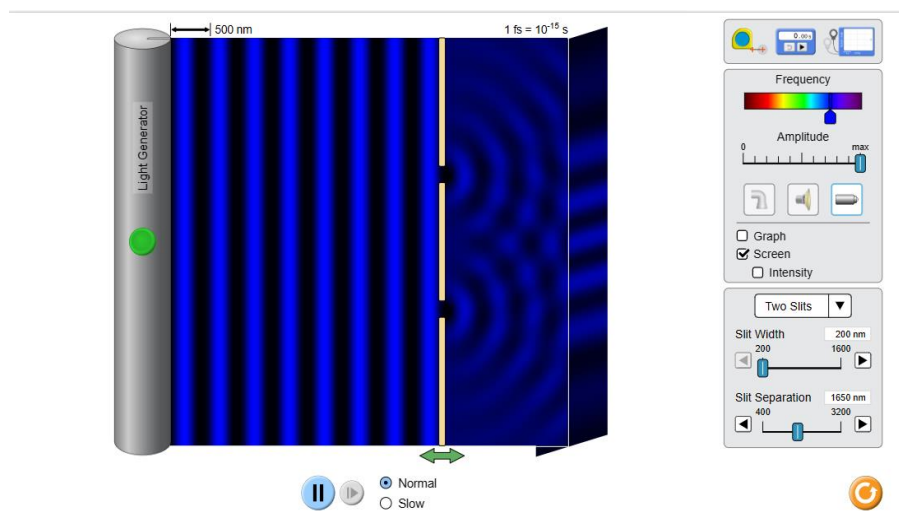
Após a aplicação do teste, faremos alguns questionamentos sobre as perguntas do teste, ou seja, o que eles têm a dizer sobre o questionário e também se eles conhecem o contexto histórico do tema. A finalidade desse processo é verificar os conceitos físicos ou se as respostas dos alunos têm fundamentos científicos. Em seguida faremos uma apresentação, em slides, do histórico sobre o comportamento da luz como onda e suas variadas aplicações hoje em dia como, por exemplo, as primeiras invenções como o telégrafo, o rádio e por fim os sensores emissores e receptores de ondas de infravermelho.

4.1.2 AULA 2: ABORDAGEM TEÓRICA SOBRE A LUZ NO SEU CONTEXTO ONDULATÓRIO E CORPUSCULAR E SUAS APLICAÇÕES.

Nesta aula faremos uma abordagem histórica sobre o grande debate entre os físicos mais importantes da época como Huygens e Newton sobre suas teorias e as provas que eles apresentavam para comprová-las. Ao final falaremos sobre o contexto histórico de Hertz que realizou um experimento que comprovou as ondas eletromagnéticas, porém, ele observou um outro fenômeno que mais tarde foi abordado por Einstein com sua genial explicação sobre o efeito fotoelétrico.

Além disso, uma abordagem sobre a luz e os fenômenos que comprovam as suas características ondulatórias. Para isso faremos uma demonstração no simulador *phet* com o objetivo de demonstrar a difração¹¹ luminosa, ou seja, o comportamento das ondas luminosas quando ela contorna obstáculos. A figura 12 mostra uma simulação no *phet* sobre a difração da luz.

Figura 12: Demonstração da difração da luz.



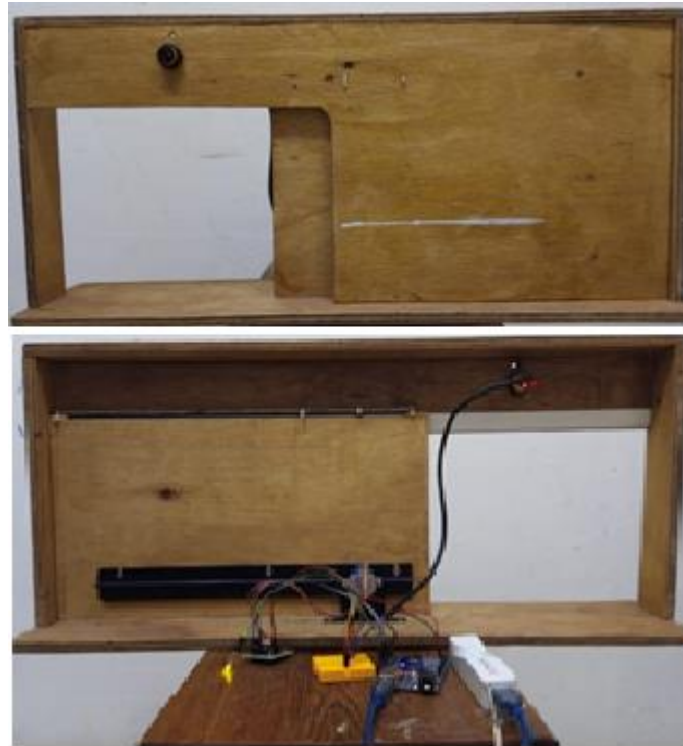
Fonte: phet.colorado.edu

Após essa simulação, apresentaremos a miniatura de uma porta automática que é aberta quando um corpo realiza a sua aproximação. Como componente principal temos um sensor que emite e recebe ondas de infravermelho.

A porta foi construída com pequenas peças de madeiras e junto a ela usaremos o *Arduino*, no qual foi inserido um código para que o sensor possa executar as suas funções, de acordo com a fotografia 1.

¹¹ Difração da onda luminosa (colorado.edu)

Fotografia 1: Frontal e traseira da porta automática.



Fonte: próprio autor

Além do Arduino e o sensor reflexivo infravermelho, que são peças essenciais para o perfeito funcionamento da porta, usamos também um motor de passos junto com a suas engrenagens. O motor de passos foi comprado em lojas de componentes eletrônicos, as engrenagens foram retiradas de uma sucata de impressora encontrada em qualquer loja que trabalha com consertos de eletrônicos.

Para a execução de todas as funções acima citadas, o código abaixo foi programado e embarcado no Arduino:

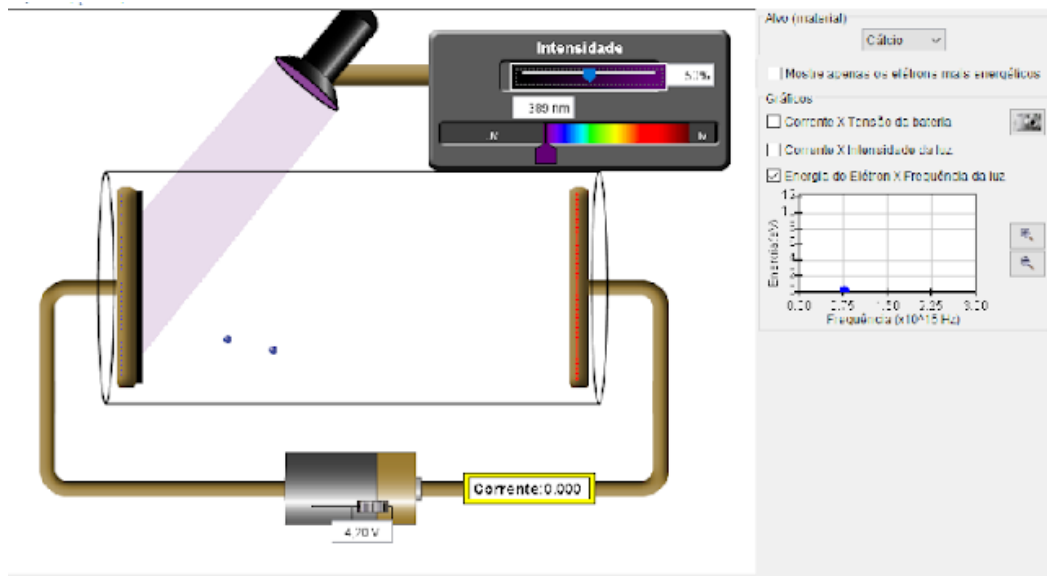
```

//CÓDIGO DO ARDUINO: Porta automática com sensor de infravermelho

//PROJETO: PORTA AUTOMATICA COM SENSOR INFRAVERMELHO
#include <Stepper.h>
const int pinoLed = 13; //PINO DIGITAL UTILIZADO PELO LED
const int pinoSensor = 5; //PINO DIGITAL UTILIZADO PELO SENSOR
const int stepsPerRevolution = 500;
//Inicializa a biblioteca utilizando as portas de 8 a 11 para
//ligacao ao motor
Stepper myStepper(stepsPerRevolution, 8,10,9,11);
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  pinMode(pinoSensor, INPUT_PULLUP); //DEFINE O PINO COMO ENTRADA/ "_PULLUP" É PARA
  ATIVAR O RESISTOR INTERNO
  //DO ARDUINO PARA GARANTIR QUE NÃO EXISTA FLUTUAÇÃO ENTRE 0 (LOW) E 1 (HIGH)
  pinMode(pinoLed, OUTPUT); //DEFINE O PINO COMO SAÍDA
  digitalWrite(pinoLed, LOW); //LED INICIA DESLIGADO
  //Determina a velocidade do motor
  myStepper.setSpeed(58);
}
void loop()
{
  //Verifica valor lido no pino
  Serial.println(digitalRead(pinoSensor));
  if(digitalRead(pinoSensor) == LOW){ //SE A LEITURA DO PINO FOR IGUAL A LOW, FAZ
    digitalWrite(pinoLed, HIGH); //ACENDE O LED
    //Gira o motor no sentido anti-horario a 120 graus
    for (int i = 0; i<=1; i++)
    {
      myStepper.step(7300);
    }
    delay(2000);
    //Se ainda houver movimento ou pessoas em frente ao sensor ele continua aberto
    while(digitalRead(pinoSensor) == LOW){
      myStepper.step(0);
    }
    //Caso contrario fecha girando no sentido contrario
    //Gira o motor no sentido horario a 90 graus
    for (int i = 0; i<=1; i++)
    {
      myStepper.step(-7300);
    }
  }
  else{
    digitalWrite(pinoLed, LOW); //ACENDE O LED
    //Gira o motor no sentido horario a 90 graus
    myStepper.step(0);
  }
  delay(2000);
}

```


Figura 13: Simulação do efeito fotoelétrico usando o simulador *phet*.



Fonte: phet.colorado.edu

Após a apresentação da simulação, será apresentada uma miniatura do sensor fotoelétrico. Antes da apresentação serão feitas algumas perguntas para os alunos sobre o funcionamento do sensor de poste de luz, ou seja, se eles já viram, se eles têm alguma ideia de seu funcionamento ou o fenômeno que está por trás do experimento. O sensor da fotografia 3 foi doado pela administração municipal.

Fotografia 3: Sensor fotoelétrico de poste de luz.



Fonte: próprio autor

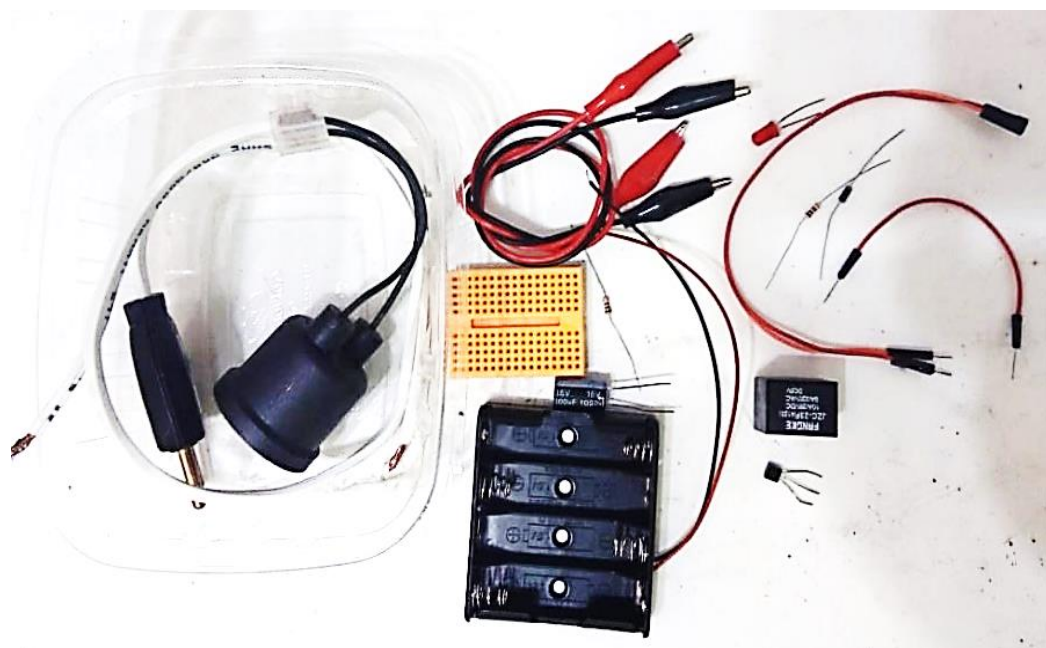
Durante a apresentação do sensor fotoelétrico de poste de luz, fotografia 3, acionaremos ligando e desligando o flash da câmera de um celular sobre o sensor. Após o acionamento voltaremos com as perguntas feitas no questionário no início da primeira aula.

Além disso, discutiremos sobre o que é efeito fotoelétrico. Assim terminaremos a segunda aula. Esta aula no máximo 45 minutos.

4.1.3 AULA 3: MONTAGEM DO CIRCUITO ELETRÔNICO SENSOR DE LUMINOSIDADE.

Nesta terceira aula, faremos uma oficina em sala de aula que tem como objetivo principal a montagem do circuito eletrônico. Todos os alunos formarão duplas e cada dupla receberá um kit, que foi comprado pelo professor em parceria com escola, com todos os componentes eletrônicos usados na montagem e, junto com o *kit*, há um manual de apoio aos alunos. Esse manual descreve o passo a passo da montagem. A fotografia 4 mostra todos os componentes eletrônicos usados na montagem do circuito.

Fotografia 4: Kit para a montagem do circuito eletrônico sensor de luminosidade.



Fonte: próprio autor

Logo após a montagem, será feita uma breve revisão sobre os conteúdos abordados sobre as aplicações dos fenômenos ondulatórios e o corpuscular da luz. E por fim, colocaremos para funcionar o circuito e com isso serão feitos alguns questionamentos sobre o seu funcionamento e assim teremos uma ideia se houve aprendizagem sobre os conceitos abordados durante o processo de ensino-aprendizagem.

4.2 MATERIAIS E MÉTODOS

4.2.1 DESENVOLVIMENTO DA AULA 1

Iniciaremos explicando os detalhes do projeto, ou seja, o roteiro de execução dos trabalhos que serão realizados nas aulas como a aplicação do teste, as abordagens históricas sobre os conceitos fundamentais da luz, discussão entre Huygens e Newton, demonstração em simuladores, aplicações no dia a dia e, por fim, a oficina para a construção do circuito eletrônico. Após essas explicações sobre como serão as nossas atividades, foi aplicado o teste, como mostra a fotografia 5, com o objetivo de verificar o entendimento sobre os efeitos luminosos assim como suas aplicações. Iniciamos às 13:10 horas e terminamos por volta das 13:40 horas.

Fotografia 5: Alunos realizando o teste.



Fonte: Próprio autor

4.2.2 DESENVOLVIMENTO DA AULA 2

Após a avaliação de diagnóstico, foram feitos alguns questionamentos aos alunos, por exemplo, se eles sabem sobre algumas aplicações de algum fenômeno luminoso, ou seja, como podemos usar a luz a nosso favor. Perguntei se eles já tinham ouvido falar sobre Newton e Huygens e se sabiam sobre algumas de suas ideias ou teoria. A maioria falou que lembrava de Newton sobre a questão de força resultante que leva seu nome como uma unidade de medida, já Huygens eles lembraram das frentes de ondas, mas percebi que

desconhecem a história sobre a discórdia entre os dois. Logo após esses questionamentos foram feitas as apresentações em Slides onde descrevo a teoria de Huygens sobre a teoria ondulatória da luz.

Começamos com a apresentação falando sobre os dois expoentes da física durante o século XVII, Newton e Huygens. Na exploração, fizemos uma exposição sobre o por quê eles defendiam as suas ideias e como eles comprovaram que estavam convictos de suas teorias. Também comentamos sobre os estudos de Newton sobre o universo e sua importância para o desenvolvimento da ciência.

Terminando as abordagens históricas e sua importância para o estudo da ciência fizemos a exploração individual de cada cientista, primeiro falamos de Huygens. Para exemplificar a natureza ondulatória da luz, durante a explanação da aula faço a apresentação da porta automática mostrada na fotografia 6.

Fotografia 6: Demonstração da porta automática.



Fonte: Próprio autor.

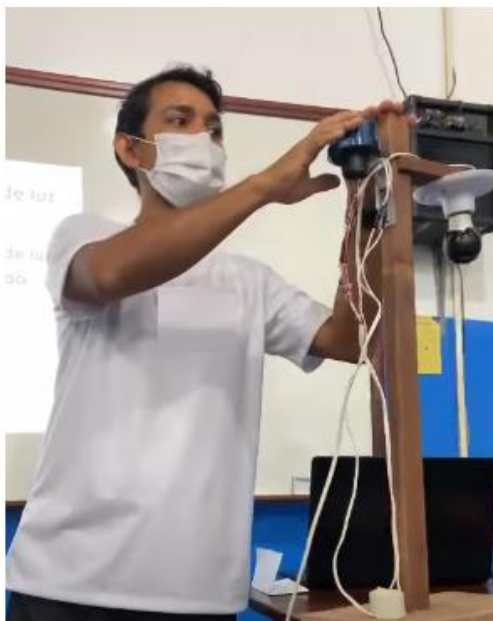
A radiação emitida pelo sensor reflexivo é de baixa frequência, infravermelho, ou seja, essa radiação é classificada como não ionizante pois não são capazes de produzir efeitos elétricos significativos nos átomos ou moléculas, por este motivo este sensor demonstra um efeito ondulatório por ser uma radiação reflexiva.

Durante a execução do processo, pedi para que os alunos pudessem pegar seus celulares, ligar a câmera e apontar na direção do sensor e dizer o que eles estavam observando, todos disseram que estavam vendo uma luz, uma radiação, saindo do sensor. Após isso

perguntei: “porquê os nossos olhos não conseguem ver essa luz, mas somente usando a câmera de seu celular?” Um aluno respondeu “talvez seja os nossos olhos que não tem a sensibilidade de detectar essa radiação”. Um outro aluno respondeu: “é por que essa radiação é invisível e os nossos olhos não conseguem ver essas radiações e a câmera sim”. Podemos perceber que os alunos têm uma referência sobre as ondas eletromagnéticas e entendem que o infravermelho é uma radiação invisível e notamos isso também nos testes aplicados na aula 1. Percebemos então, que os alunos puderam comprovar que existe uma radiação, e essa radiação é na faixa do infravermelho, e que puderam comprovar usando a câmera de seus celulares.

Após o término dessas abordagens sobre a natureza ondulatória da luz fizemos a apresentação sobre a natureza corpuscular da luz. Primeiramente falamos brevemente sobre a ideia de Newton e como ele acreditava que a luz é composta de corpúsculos e depois falamos da importância do experimento de Hertz que comprovou que as ondas eletromagnéticas realmente se propagam pelo ar e sua importância para o desenvolvimento tecnológico. Fizemos algumas referências sobre as comunicações através do código Morse, telégrafo, rádio e as aplicações das radiações nos aparelhos celulares. Apresentamos, também, referência que quando Hertz realizou seus experimentos ele percebeu que, com determinadas frequências, a luz arranca elétrons do material condutor. Após a conclusão fizemos uma demonstração sobre o efeito fotoelétrico usando o simulador *phet* e uma demonstração de uma aplicação usando um sensor fotoelétrico mostrada na fotografia 7.

Fotografia 7: Demonstração do efeito fotoelétrico usando um sensor fotoelétrico de poste de luz.



Fonte: Próprio autor.

A partir destas etapas, conseguimos demonstrar as aplicações da luz como ondas eletromagnéticas, usando uma porta automática, e o comportamento da luz como corpúsculos usando um sensor fotoelétrico. Em seguida fizemos uma breve revisão sobre o que foi comentado a respeito da luz no seu contexto ondulatório e corpuscular. Assim, finalizamos a segunda aula.

4.2.3 DESENVOLVIMENTO DA AULA 3

Nesta terceira aula, fizemos a oficina para montar o circuito eletrônico e demonstrar o efeito fotoelétrico. Cada dupla recebeu um Kit com os materiais que serão utilizados na montagem do circuito eletrônico. Também foram feitas apresentações sobre a função de cada componente nas etapas do circuito. A fotografia 8 mostra os alunos recebendo o *kit* com os componentes eletrônicos.

Fotografia 8: Alunos recebendo o kit de componentes eletrônicos para a montagem do sensor fotoelétrico.



Fonte: próprio autor

Para a execução da montagem, foram entregues para cada equipe, fotografia 8, além do *kit* eletrônico um manual para que pudessem realizar a montagem, mas também foi exibido na apresentação o passo a passo da montagem.

Durante a apresentação, um aluno percebeu que os componentes utilizados na montagem não eram iguais a aqueles do circuito feito na apresentação, ele perguntou: “esse é um circuito simplificado do original?” E a resposta foi “sim, porém podemos usá-los sem nenhum problema em nossas casas”.

E assim começamos a montagem do circuito até a sua finalização. No final da montagem alguns alunos não conseguiram ativar o sensor de luminosidade quando eram incididos luz sobre o LDR, então, eu fui chamado e percebi que eles tinham feito uma conexão errada, talvez pela falta de habilidade na montagem de circuito em *protoboard*, mas logo foram consertados. Logo depois que todos tinham montado o circuito eletrônico, perguntei o por que acontecia o apagar e o acender da lâmpada e a maioria das respostas foram “o sensor LDR é sensível à luz, quando incidimos luz ele ‘deixa’ passar corrente elétrica”. E assim finalizamos a nossa terceira aula realizando o teste final do circuito eletrônico como mostra a fotografia 9.

Fotografia 9: Montagem final do circuito eletrônico sensor de luminosidade usando o LDR¹².



Fonte: próprio autor

Assim, conseguimos demonstrar e realizar as aplicações da luz no seu contexto ondulatório ou corpuscular.

¹² A demonstração pode ser verificada pelo link: <https://youtube.com/shorts/OYhzhMsy07o>

5 ANÁLISES DOS RESULTADOS

No início da nossa abordagem sobre o comportamento e as aplicações da luz como onda ou como corpúsculo, primeira aula, foi realizado um teste para que possamos averiguar os conceitos iniciais sobre o assunto. O teste foi composto por 6 questões discursivas. Abaixo vamos discutir cada questão e analisar os resultados obtidos.

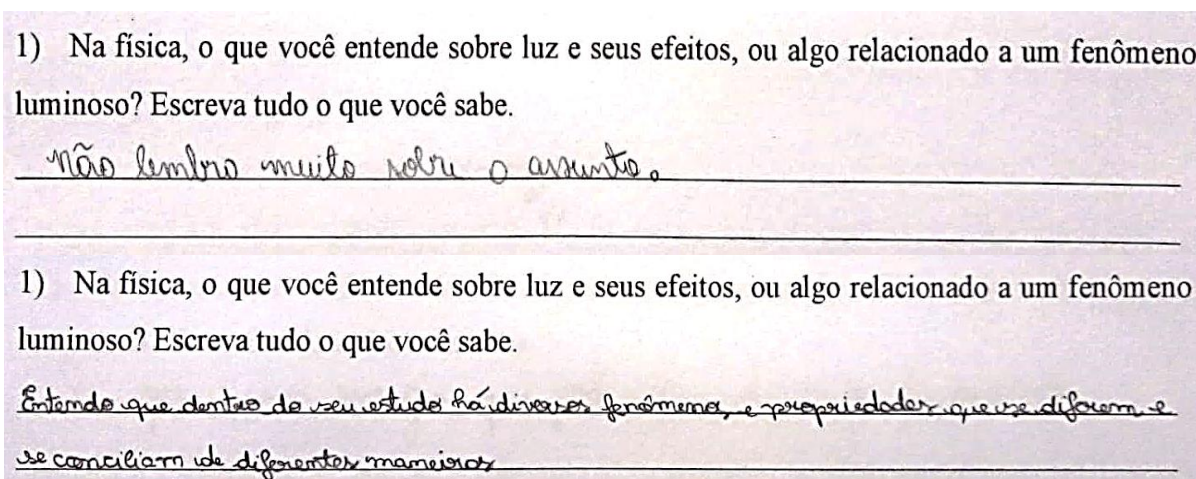
Questão 1.

Na física, o que você entende sobre luz e seus efeitos, ou algo relacionado a um fenômeno luminoso? Escreva tudo o que você sabe.

O objetivo dessa questão era verificar o que os alunos entendem sobre a luz e seus fenômenos.

Dos 25 alunos que fizeram o teste 3 deixaram a primeira questão em branco ou escreveram que não sabiam, não lembravam do conteúdo ou sabem, mas não conseguiram descrever, como mostra a fotografia 10.

Fotografia 10: Questão 1 do teste.



Fonte: Próprio autor.

Um dos alunos, talvez não entendeu a pergunta e escreveu “não” como na figura 11. Talvez, seja falta de leitura ou simplesmente desinteresse pela disciplina.

Fotografia 11: Questão 1 do teste.

1) Na física, o que você entende sobre luz e seus efeitos, ou algo relacionado a um fenômeno luminoso? Escreva tudo o que você sabe.

Não

Fonte: Próprio autor

Porém, 13 dos 25 alunos escreveram que a luz é uma onda, e citaram características que comprovam tal comportamento como a refração e a difração como mostra a fotografia 12.

Fotografia 12: Questão 1 do teste.

1) Na física, o que você entende sobre luz e seus efeitos, ou algo relacionado a um fenômeno luminoso? Escreva tudo o que você sabe.

A luz é uma onda eletromagnética transversal que pode ser submetida à refração, reflexão e outros fenô-

2) Você sabe sobre alguma aplicação de um fenômeno luminoso, por exemplo na ciência, no menos

1) Na física, o que você entende sobre luz e seus efeitos, ou algo relacionado a um fenômeno luminoso? Escreva tudo o que você sabe.

Sim, entendo que a luz pode ser explicada como uma partícula ou onda, que possui fenômenos como difração, reflexão, refração, observação

2) Você sabe sobre alguma aplicação de um fenômeno luminoso, por exemplo na ciência, no

Fonte: Próprio autor

Desses alunos que citaram que a luz é uma onda eletromagnética, também citaram que a luz tem comportamento corpuscular como podemos perceber na fotografia 13.

Fotografia 13: Questão 1 do teste.

1) Na física, o que você entende sobre luz e seus efeitos, ou algo relacionado a um fenômeno luminoso? Escreva tudo o que você sabe.

Dependendo da forma de análise a luz pode ser considerada como uma onda ou um corpúsculo; os fenômenos como a refração

Fonte: Próprio autor.

Percebemos que a maioria dos alunos têm em seus subsúncios uma ideia sobre o comportamento da luz estudados nos anos anteriores, pois esse teste foi realizado com alunos do 3º ano. Além de lembrarem sobre o comportamento ondulatório ou corpuscular da luz, também lembram de fenômenos que comprovam tal efeito, como a refração, a difração e a polarização.

Questão 2

Você sabe sobre alguma aplicação de um fenômeno luminoso, por exemplo na ciência, no cotidiano, ou que você acha que seja uma aplicação da luz, ou outros? Se puder, cite algumas aplicações dos fenômenos luminosos.

O objetivo dessa pergunta foi verificar se eles sabiam sobre alguma aplicação da luz, tanto como onda ou como corpúsculo, ou seja, as ondas de rádio por exemplo. Essa pergunta serve para contextualizar as aplicações que foram feitas em sala de aula, como a demonstração da porta automática.

Alguns alunos fizeram referência a Raio X, portas de “shopping”, controle remoto, câmeras noturnas e outras aplicações referente as ondas eletromagnéticas, fotografia 14.

Fotografia 14: Questão 2 do teste.

2) Você sabe sobre alguma aplicação de um fenômeno luminoso, por exemplo na ciência, no cotidiano, ou que você acha que seja uma aplicação da luz, ou outros? Se puder, cite algumas aplicações dos fenômenos luminosos.

Iluminação de objetos no cotidiano; Raio-x; Portas de shopping; Câmeras noturnas; sensores térmicos

2) Você sabe sobre alguma aplicação de um fenômeno luminoso, por exemplo na ciência, no cotidiano, ou que você acha que seja uma aplicação da luz, ou outros? Se puder, cite algumas aplicações dos fenômenos luminosos.

A aplicação da luz infravermelha e ultravioleta em portas automáticas e em sensores galvos, respectivamente.

Próprio autor.

As aplicações das ondas eletromagnéticas são de suma importância para o nosso dia a dia e além disso, esses alunos tem esses conhecimentos sobre a mesma.

Questão 3

Você sabe o que é corrente elétrica?

Sabemos que na série do segundo ano do ensino médio tradicional, não é trabalhado nos livros didáticos de física o conceito de corrente elétrica, porém nos livros de química do 1º ano do ensino médio podemos perceber que a mesma é citada e trabalhada sobre a corrente elétrica, por exemplo, nos assuntos: funções inorgânicas sobre os processos de ionização e dissociação iônica. Nos livros didáticos de química do 2º ano do ensino médio

é trabalhado o conteúdo de eletroquímica quando é citado sobre a pilha de Daniel. Já nos livros de física do 1º ano a corrente elétrica não é citada e nos livros de física do 2º ano, faz-se a comparação entre os dois fenômenos luminosos, o corpuscular ou ondulatório.

Na fotografia 15, percebemos que dos 25 alunos que realizaram o teste, 7 deixaram a pergunta em branco ou responderam “não”.

Fotografia 15: Questão 3 do teste.

3) Você sabe o que é corrente elétrica?

não

Fonte: Próprio autor.

No entanto, a maioria respondeu algo sobre a “passagem de energia”, ou “elétrons passando de um lado para o outro”, ou “passagem de eletricidade”, como mostra a fotografia 16.

Fotografia 16: Questão 3 do teste.

3) Você sabe o que é corrente elétrica?

Corresponde a passagem de eletricidade direcionada e conduzida por determinado sistema.

3) Você sabe o que é corrente elétrica?

Sim, é quando os elétrons passam de um meio para outro.

Fonte: Próprio autor.

Notamos que muitos alunos não têm a definição correta de corrente elétrica. Segundo Ramalho, corrente elétrica “é o movimento ordenado de elétrons livres” (RAMALHO, FERRARO E SOARES. Vol 3, 2009).

Questão 4

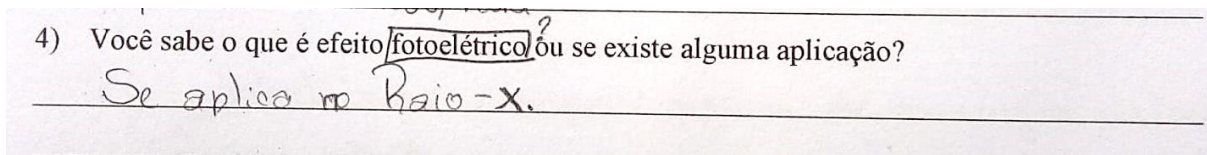
Você sabe o que é efeito fotoelétrico ou se existe alguma aplicação?

Os alunos que estão cursando o 3º ano do Ensino Médio viram o conteúdo de ondulatória no 2º ano do Ensino Médio e justamente nesta série se fazem menções sobre o efeito fotoelétrico para fazer comparações entre o comportamento da luz como onda e como

partícula, por isso esperava-se que eles pudessem lembrar desses conceitos ou exemplos de aplicações.

Na fotografia 17 mostramos que dos 25 alunos que responderam a questão 4 do questionário, 8 deixaram a questão em branco, 4 alunos escreveram sobre o contexto diferente da pergunta, como a imagem abaixo.

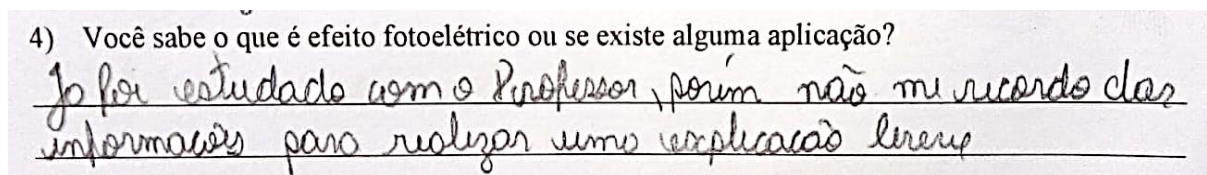
Fotografia 17: Questão 4 do teste.



Fonte: Próprio autor.

Outros dizem que sabiam, porém esqueceram ou não lembram, como mostra a fotografia 18.

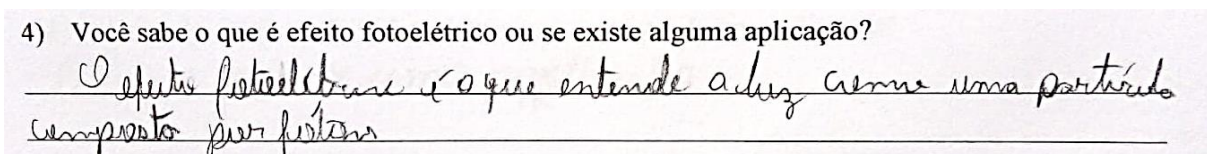
Fotografia 18: Questão 4 do teste.



Fonte Próprio autor.

No entanto, na fotografia 19 mostra que 4 alunos citaram por quem foi estudado o efeito fotoelétrico ou que a luz se comporta como partícula.

Fotografia 19: Questão 4 do teste.



Fonte: Próprio autor.

Questão 5

Porta de shopping, você sabe qual seu princípio de funcionamento?

A proposta dessa pergunta é poder verificar se o aluno entende algo sobre as aplicações dos sensores usados em diversas situações e uma delas é na porta automática do shopping.

Dos 25 alunos que responderam à questão 5 do teste, 6 responderam “não sei”, deixaram a questão em branco ou escreveram que a porta só abre quando a pessoa pisa e a porta “sente o peso”, como mostra a fotografia 20.

Fotografia 20: Questão 5 do teste.

5) Porta de shopping, você sabe qual seu princípio de funcionamento?
 Não. Quando você pisa, e ela sente seu peso, ela abre. É o que eu imaginei que seja, mas deve estar errado.

Fonte: Próprio autor.

Por outro lado, 12 alunos escreveram no teste algo sobre: “ondas de infravermelho”, “ondas de infravermelho detectam o movimento” entre outros que foram consideradas como respostas que estão em suas memórias, mas não têm certeza da resposta em relação à pergunta, como podemos perceber na fotografia 21.

Fotografia 21: Questão 5 do teste.

5) Porta de shopping, você sabe qual seu princípio de funcionamento?
 O sensor emite uma luz infravermelha e ao receber a movimentação ela se aciona.

Fonte: Próprio autor.

Questão 6

As lâmpadas de postes de luz, você sabe porque elas acendem ao anoitecer e apagam ao amanhecer?

O objetivo desta pergunta foi para saber se os alunos tinham alguma ideia sobre como funcionam os sensores de poste de luz e, além disso, tivessem algum fundamento sobre o efeito fotoelétrico que é o fundamento e o funcionamento básico dos sensores fotoelétricos usados nos postes de luz.

A resposta que esperávamos era que eles percebessem que há um sensor que fica atrás dos postes próximos às lâmpadas, quando ele recebe luz o sensor é ativado e que faz com que a corrente circule pelo circuito. Também esperava-se que os alunos escrevessem que o sensor é ativado e esse fenômeno só ocorre através do efeito fotoelétrico.

Na fotografia 22, podemos perceber que dos 25 alunos que realizaram o teste, 8 deixaram a questão em branco, ou escreveram “não sei”, ou escreveram “não lembro”. Os demais alunos escreveram que são sensores que detectam a luminosidade durante o dia.

Fotografia 22: Questão 6 do teste.

6) As lâmpadas de postes de luz, você sabe porque elas acendem ao anoitecer e apagam ao amanhecer?

Apartir dos sensores de luminosidade, que são configurados para acender a luz quando o ambiente se encontra mais escuro.

Fonte: Próprio autor.

Outros escreveram sobre a detecção dos raios solares, como mostra a fotografia 23.

Fotografia 23: Questão 6 do teste.

6) As lâmpadas de postes de luz, você sabe porque elas acendem ao anoitecer e apagam ao amanhecer?

Densidade a detecção ou não - detecção dos raios solares

Fonte: Próprio autor.

Com esse teste realizado, antes das aulas teóricas e as abordagens históricas junto com as aplicações das ondas eletromagnéticas e aplicações do efeito fotoelétrico nos sensores de poste de luz, nos dão base para nos informar sobre o que os alunos têm de informações sobre as aplicações dos mesmo e com isso fazer com que possamos realizar um produto educacional que sirva de orientação para tais fenômenos que são recorrentes em nosso dia a dia.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Atualmente, estamos trabalhando com uma geração de jovens que estão muito informados sobre tecnologias digitais, porém há também muitas desinformações ou poucas informações sobre as aplicações da tecnologia no dia a dia e isso se torna um desafio para o educador na educação básica. Todas informações relevantes podem ser obtidas de várias formas, por exemplo, nas plataformas digitais. No entanto, quando o educador utiliza essas ferramentas tecnológicas a seu favor ela se torna um facilitador de aprendizagem.

Neste trabalho, foram inseridas as tecnologias e atividades experimentais nas aulas de física do 3º ano do Ensino Médio, voltadas para o comportamento da luz como onda ou como partícula, foram elaboradas aulas com apresentações em Slides e no decorrer das aulas mostramos o desenvolvimento do pensamento científico no decorrer na história, as descobertas fenomenológicas assim como o desenvolvimento tecnológico para aplicações no dia a dia.

Na análise dos resultados do teste, obtivemos alguns alunos que escreveram suas respostas fora do contexto e isso se torna um desafio para o educador, levar o aluno ao interesse pela física e seus fenômenos.

Além dos desafios frequentes que há na educação básica, a pandemia da COVID-19 trouxe novos e que foram contornados de várias formas, e um exemplo é o presente trabalho, mesmo que o produto educacional tenha sido aplicado num momento posterior ao ápice da crise. Por este motivo temos um número muito “baixo” de alunos que realizaram o teste, com isso não podemos concluir que os resultados analisados poderão ser os mesmos para uma quantidade superior de alunos. Independentemente de o trabalho ter usado a prorrogação estendida devido à pandemia concedida pelo MNPEF em acordo com à CAPES, essa possibilidade existiu para as turmas afetadas pela crise.

Com a exposição das nossas aulas a maioria dos alunos se empenharam e colaboraram em aprender um pouco mais sobre o conteúdo e também as aplicações usando simuladores. Quero deixar aqui que o código que foi embarcado no Arduino está incompleto com uma pequena falha: quando nos aproximamos da porta ela abre até o final, mesmo não tendo nenhum corpo ou objeto na frente do sensor.

Como resultado final, os alunos estavam ansiosos em querer saber o funcionamento por trás do sensor utilizado e, também, realizar a montagem do circuito verificando o seu funcionamento realizado por eles. Durante esse processo, houve um grande empenho em saber qual a causa, o que estava acontecendo, ou seja, o abrir e fechar a porta usando as ondas de infravermelho e também o sensor de luminosidade onde vimos aplicações do efeito fotoelétrico.

Por fim, agradeço a direção da escola e aos professores que colaboraram para a realização deste projeto e ao professor José Ricardo de Sousa que deu a ideia inicial para que esse projeto pudesse ser realizado.

REFERÊNCIAS

- ALLCHIN, D. **Pseudohistory and Pseudoscience**. *Science & Education* v.13, n. p. 179-195, 2004.
- ARAÚJO, M. S. T. DE; ABIB, M. L. V. DOS S. **Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades**. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 25, n. 2, p. 176–194, 2003.
- AUSUBEL, D.P., NOVAK, J.D. and HANESIAN, H. **Educational psychology: a cognitive view**. (2^o ed) Nova York, Holt, Rinehart and Winston, 1978. 733 p
- AUSUBEL. D.P. (2003). **Aquisição e retenção de conhecimentos**. Lisboa: Plátano Edições Técnicas. Tradução do original *The Acquisition and retention of knowledge* (2000).
- AUSUBEL. D.P.et al. **Psicologia educativa: um ponto de vista cognitivo**. 2 ed. México: Trilhas, 1998.
- BASE, E. É. A. **Educação é a Base**. [s.l: s.n.].
- BRASIL, Ministério da Educação e Cultura – Secretaria de Educação Básica. **Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio**, (2000).
- CARUSO, Francisco; Oguri, Vitor. **FÍSICA MODERNA: ORIGENS CLÁSSICAS E FUNDAMENTOS QUÂNTICOS**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.
- CARUSO, Francisco; OGURI, Vitor. **Origens do Conceito de Fóton**. *Ciência e Sociedade, CBPF*, v. 4, n. 2, p. 1-11, 2016.
- DA ROSA, Cleci Terezinha Werner; DARROZ, Luiz Marcelo; DA ROSA, Álvaro B. Ecker. **Experimentos simples para visualização dos fenômenos de difração e interferência da luz**. *Revista Thema*, v. 13, n. 2, p. 18-26, 2016.
- DA SILVA, José Alves; KAWAMURA, Maria Regina. **A natureza da luz: uma atividade com textos de divulgação científica em sala de aula**. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 18, n. 3, p. 317-339, 2001.
- DE CAMPOS VALADARES, Eduardo; MOREIRA, Alysson Magalhães. **Ensinando física moderna no segundo grau: efeito fotoelétrico, laser e emissão de corpo negro**. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 15, n. 2, p. 121-135, 1998.
- DE FRANÇA, Claudiely Stresser Machado; DE TRABALHO–PRÁTICAS, PUCPR Grupo; NAS LICENCIATURAS, Estágios. **Física moderna no ensino médio: Uma atividade para o ensino do efeito fotoelétrico**. 2015.
- DE OLIVEIRA CARDOSO, Stenio Octávio; DICKMAN, Adriana Gomes. **Simulação computacional aliada à teoria da aprendizagem significativa: uma ferramenta para ensino e aprendizagem do efeito fotoelétrico**. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 29, p. 891-934, 2012.

DE PINHO ALVES FILHO, Jose. **Atividades experimentais: Do método à prática construtivista**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências da Educação, 2000.

EINSTEIN, Albert. **Über einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt**. 1905. Disponível em: [Ariel 132 \(unlp.edu.ar\)](http://unlp.edu.ar)

FIOLHAIS, C. TRINDADE, J. **Física no computador: o computador como uma ferramenta no ensino e na aprendizagem das ciências físicas**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 25, n. 3, p. 259–272, 2003.

FOGAÇA, Jennifer Rocha Vargas. **"Raios infravermelhos"**; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/quimica/raios-infravermelhos.htm>. Acesso em 04 de janeiro de 2021.

FRANKEL, Eugene. **Corpuscular Optics and the Wave Theory of Light: The Science and Politics of a Revolution in Physics**. Social Studies of Science, v. 6, p. 141-184, 1976.

FRESNEL, Augustin. **Mémoire sur la diffraction de la lumière, coroada pela Académie des Sciences em 1819**. vol. v. 1, p. 247-382.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de Física: Óptica e Física Moderna**, vol. 4. Rio de Janeiro: editora LTC, 2009.

HERTZ, Heinrich. **Ueber einen Einfluss des ultravioletten Lichtes auf die elektrische Entladung**. Annalen der Physik, v. 267, n. 8, p. 983-1000, 1887.

HUYGENS, C. **Tratado sobre a Luz**. Tradução: MARTINS, Roberto de Andrade. Cadernos de História e Filosofia da Ciência, suplemento, v. 4, p. 1-99, 1986.

JÚNIOR, Joab Silas da Silva. **"O que é infravermelho?"**; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/o-que-e/fisica/o-que-e-infravermelho.htm>. Acesso em 06 de janeiro de 2021.

KLEPPNER, Daniel. **Relendo Einstein sobre radiação**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 27, n. 1, p. 87-91, 2005.

KRAPAS, Sonia; QUEIROZ, Glória Regina Pessoa Campello; UZÊDA, Diego. **O tratado sobre a luz de Huygens: comentários**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 28, n. 1, p. 123-151, 2011.

LENARD, P. **Ueber die lichtelektrische Wirkung**. Annalen der Physik, 313(5), 149-198. 1902.

MANGILI, Arthur Issa. **Heinrich Rudolph Hertz e a “descoberta” do efeito fotoelétrico: Um exemplo dos cuidados que devemos ter ao utilizar a história da ciência na sala de aula**. História da ciência e ensino: construindo interfaces, v. 6, p. 32-48, 2012.

MARTINS, A.F.P. **História e filosofia da ciência no ensino: há muitas pedras nesse caminho**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Florianópolis, v. 24, n. 1, p. 112-131, 2007.

MARTINS, Roberto de Andrade; SILVA, Cibelle Celestino. **As pesquisas de Newton sobre a luz: Uma visão histórica**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 37, n. 4, p. 4202-1-4202-32, 2015.

_____. **A maçã de Newton: História, Lendas e Tolices**. In: SILVA, C. C. Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006.

MATTHEWS, M.R. **História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação**. Caderno Catarinense de Ensino de Física, Florianópolis, v. 12, n. 3, p.164-214, 1995.

MAXWELL, James Clerk. VIII. **Uma teoria dinâmica do campo eletromagnético**. Transações filosóficas da Royal Society of London, n. 155, p. 459-512, 1865.

MAXWELL, James Clerk. **Um tratado sobre eletricidade e magnetismo**. Imprensa clarendon, 1873. Disponível em: <https://books.google.com/books?hl=pt-BR&lr=&id=92QSAAAAIAAJ&oi=fnd&pg=PR5&dq=A+Treatise+of+Electricity+and+Magnetism&ots=SoTLjpoIcV&sig=5bwSWYdOJaVjZzrFLmzhyveq9rE>. Acesso em 09/07/2021.

MEES, A. A. **Implicações das teorias de aprendizagem para o Ensino de Física**. Disponível em <http://www.if.ufrgs.br/~amees/teorias.htm>. Acesso em 13 abr. 2012.

MICHA, D. N. et al. **“Vendo o invisível”**. Experimentos de visualização do infravermelho feitos com materiais simples e de baixo custo. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 33, n. 1, p. 1–6, 2011.

MICHA, Daniel Neves et al. **“Vendo o invisível”**. Experimentos de visualização do infravermelho feitos com materiais simples e de baixo custo. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 33, n. 1, p. 1501, 2011.

MIRANDA, Bruna. **Experiência de Young: Difração da Luz**. In: IX MOSTRA CIENTÍFICA E INTERDISCIPLINAR DE PESQUISA E EXTENSÃO DO CEULM/ULBRA. 2018.

MOREIRA, M. A. **aprendizagem significativa, aprendizagem mecânica, estratégias de ensino**. v. 1, p. 1–27, 2012, 2013.

MOREIRA, M. **Organizadores prévios como estratégia para facilitar a aprendizagem significativa**. Cadernos de Pesquisa, 1982. (disponível em: [Organizadores prévios como estratégia para facilitar a aprendizagem significativa. | Cadernos de Pesquisa \(fcc.org.br\)](#))

MOREIRA, Marco Antônio; **Teorias de Aprendizagens**, EPU, São Paulo, 1995.

MUNIZ, Davi Santos et al. **Proposta metodológica sobre o efeito fotoelétrico para o ensino médio**: Imagem: StockPhotos. Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente, v. 9, n. 2, p. 841-845, 2018.

NUSSENZVEIG, Herch Moysés. **Curso de física básica: Ótica, relatividade, física quântica** (vol. 4). Editora Blucher, 2014.

OLIVEIRA, Rilavia Almeida de; SILVA, Ana Paula Bispo da. **William Herschel, os raios invisíveis e as primeiras ideias sobre radiação infravermelha**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 36, n. 4, p. 01-11, 2014.

PASSOS, Marly Nascimento Salles; DE OLIVEIRA, Alexandre Maniçoba; GOMES, Anna Karina Fontes. **Aplicações das equações de Maxwell**. Revista Acadêmica – Ensino de Ciências e Tecnologias IFSP – CAMPUS CUBATÃO IFSC. volume 4, número 4. Fevereiro de 2019.

PETRUCCI, Valéria Bezzera Cavalcanti; BATISTON, Renato Reis. **Estratégias de ensino e avaliação de aprendizagem em contabilidade**. In: PELEIAS, Ivam Ricardo (Org.) Didática do ensino da contabilidade. São Paulo: Saraiva, 2006.

PIETROCOLA, Maurício. **Fresnel e o arrastamento parcial do éter: a influência do movimento da terra sobre a propagação da luz**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 10, n. 2, p. 157-172, 1993.

R. A. Millikan. “**A Direct Photoelectric Determination of Planck’s “h”**”. Em: Phys. Rev. 7 (3 mar. de 1916), pp. 355–388. doi: 10.1103/PhysRev.7.355. url: <https://link.aps.org/doi/10.1103/PhysRev.7.355>.

RAMALHO JUNIOR, F. FERRARO, N. G.; SOARES, PA de T. **Fundamentos da Física**, Volume 3. 10 ed. São Paulo: moderna, 2009.

RAMALHO, Francisco Júnior; FERRARO, Nicolau Gilberto; SOARES, Paulo Antônio de Toledo. **Física 2: os fundamentos da Física**. 10 ed. São Paulo: Moderna, 2013.

ROCHA, José Fernando Moura. **Origem e Evolução do Eletromagnetismo**. In: ROCHA, José Fernando Moura (org). Origens e Evolução das Idéias da Física. Salvador: EDUFBA, 2002.

ROSA, Ramon Junio Gonçalves; DICKMAN, Adriana Gomes. **Física moderna no ensino médio: experimento e simulação para abordar o efeito fotoelétrico**. X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências–X ENPEC Águas de Lindóia, SP–24 a, v. 27. 2015

SALVETTI, ALFREDO ROQUE. **A história da luz**. Editora Livraria da Física, 2008.

SANTOS, Bianca Martins; DA SILVA, Hélio Evangelista; ROSA, Rayane Casimiro. **Relato de Experiência: Atividades lúdicas e experimentais para o ensino de ondas**. REAMEC-Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática, v. 8, n. 2, p. 327-351, 2020.

SILVA, José Carlos Xavier; LEAL, Carlos Eduardo dos Santos. **Proposta de laboratório de física de baixo custo para escolas da rede pública de ensino médio**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 39, 2016.

SILVA, S. de C. R. da; SCHIRLO, A. C. **Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel: Reflexões para o Ensino de Física Ante a Nova Realidade Social**. Imagens da Educação, v. 4, n. 1, p. 36-42, 2014.

SIQUEIRA, Felipe Coelho. **As equações de maxwell e as ondas eletromagnéticas, Maxwell's equations and electromagnetic waves**. Brazilian Journal of Development, v. 7, n. 9, p. 93571-93589, 2021.

SOUZA, L. A. et al. **Discutindo a natureza ondulatória da luz e o modelo da óptica geométrica através de uma atividade experimental de baixo custo**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 37, n. 4, p. 4311-1-4311-6, 2015.

SOUZA, Líria Alves de. "**Tipos de radiação ultravioleta**"; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/tipos-radiacao-ultravioleta.htm>. Acesso em 04 de janeiro de 2021.

T. Young, **On the Theory of Light and Colours. The Bakerian Lecture, 1801**. Disponível em <http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k55897m/f1.chemindefer>. Acesso em 09/07/2021.

TEIXEIRA, Sonia Krapas; QUEIROZ, Glória Regina Pessôa Campello; UZÊDA, Diego. **O tratado sobre a luz de Huygens: comentários**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 28, n. 1, p. 123-151, 2011.

WILLIAM, Herschel, **Philosophical Transactions of the Royal Society of London** 90, 284 (1800).

TESTE**MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – MNPEF****MESTRANDO: PAULO TAVARES**

(pré-teste sobre os fenômenos da luz e suas aplicações)

Caro estudante, este questionário tem por finalidade verificar acerca do seu conhecimento prévio sobre a luz e suas aplicações no dia a dia e alguns conceitos físicos.

Questionário para aluno do 3º ano do Ensino Médio da Escola Nossa Senhora do Rosário, Itacoatiara-Am.

Escreva seu primeiro nome com abreviaturas: _____

1) Na física, o que você entende sobre luz e seus efeitos, ou algo relacionado a um fenômeno luminoso? Escreva tudo o que você sabe.

2) Você sabe sobre alguma aplicação de um fenômeno luminoso, por exemplo na ciência, no cotidiano, ou que você acha que seja uma aplicação da luz, ou outros? Se puder, cite algumas aplicações dos fenômenos luminosos.

3) Você sabe o que é corrente elétrica?

4) Você sabe o que é efeito fotoelétrico ou se existe alguma aplicação?

5) Porta de shopping, você sabe qual seu princípio de funcionamento?

6) As lâmpadas de postes de luz, você sabe porque elas acendem ao anoitecer e apagam ao amanhecer?

Apêndice 1

INSTITUTO FEDERAL DO AMAZONAS - IFAM

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS - UFAM

MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA - MNPEF

POLO IV

Paulo Tavares

PRODUTO EDUCACIONAL

**PORTA AUTOMÁTICA COM SENSOR DE INFRAVERMELHO E O MANUAL
PARA A CONSTRUÇÃO DO CIRCUITO ELETRÔNICO SENSOR DE LUZ**

Manaus - AM
2023