PROGRAMA DE PÓS- GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

Leonardo Pereira Monteiro

CONCEPÇÕES DA DUALIDADE DA LUZ ONDA-PARTÍCULA PARA ESTUDANTES DA 3ª. SÉRIE DO ENSINO MÉDIO: UMA ABORDAGEM COM "MICROCONTROLADORES"

Orientador: Prof. Dr. Carlos Augusto Cardoso Passos

Cariacica/ES
2017

LEONARDO PEREIRA MONTEIRO

CONCEPÇÕES DA DUALIDADE DA LUZ ONDA-PARTÍCULA PARA ESTUDANTES DA 3ª. SÉRIE DO ENSINO MÉDIO: UMA ABORDAGEM COM “MICROCONTROLADORES”

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós Graduação em Ensino de Física do Mestrado Profissional em Ensino de Física apresentada ao Instituto Federal de Educação do Espírito Santo – Campus Cariacica

Orientador: Prof. Dr. Carlos Augusto Cardoso Passos

Cariacica/ES

2017

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

INSTITUTO FEDERAL
ESPÍRITO SANTO

SBF
SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CAMPUS CARIACICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

CONCEPÇÕES DA DUALIDADE DA LUZ ONDA-PARTÍCULA PARA ESTUDANTES DA 3ª SÉRIE DO ENSINO MÉDIO: UMA ABORDAGEM COM "MICROCONTROLADORES"

Leonardo Pereira Monteiro

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física - Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, ofertado pela Sociedade Brasileira de Física em parceria com o Instituto Federal do Espírito Santo, campus Cariacica como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada em 29 de Junho de 2017.

Comissão Examinadora

Prof. Dr. Carlos Augusto Cardoso Passos
(Orientador PPGEFis/UFES)

Prof. Dr. José Luis Passamai Junior
(Membro Externo UFES)

Prof. Dr. Marcio de Sousa Bolzan
(Membro Interno PPGEFis/IFES)

Prof. Dr. Luiz Otávio Buffon
(Membro Interno PPGEFis/IFES)

(Biblioteca do *Campus* Cariacica do Instituto Federal do Espírito Santo)

M734c Monteiro, Leonardo Pereira

Concepções da dualidade da luz onda-partícula para estudantes da 3ª série do ensino médio: uma abordagem com microcontroladores / Leonardo Pereira Monteiro – 2017.

172 f. : il.; 30 cm

Orientador: Carlos Augusto Cardoso Passos

Dissertação (mestrado) – Instituto Federal do Espírito Santo, Programa de Pós-graduação em Ensino de Física, 2017.

1. Física moderna. 2. Dualidade de onda-partícula. 3. Ensino de física – Aprendizagem significativa. I. Passos, Carlos Augusto Cardoso. II. Instituto Federal do Espírito Santo – Campus Cariacica. III. Sociedade Brasileira de Física. IV. Título.

CDD: 530.07

DECLARAÇÃO DO AUTOR

Declaro, para fins de pesquisa acadêmica, didática e técnico-científica, que esta dissertação pode ser parcialmente utilizada, desde que se faça referência à fonte e ao autor.

Cariacica, 05 de junho de 2017

Leonardo Pereira Monteiro

Leonardo Pereira Monteiro

Dedico este trabalho a Tatiana, pelos ensinamentos, orientações e compreensão para as muitas vezes que eu precisava de força e ajuda.

Para minhas filhas queridas, que são fontes de inspiração para lidar com esforços como este.

Para todos os meus amigos, em especial Aluísio, para os professores Bohland e Buffon, para meu orientador Carlos Augusto e todos que me apoiaram na pesquisa, apesar das dificuldades.

Agradecimentos

À Deus pela vida e sabedoria que me deu.

Ao meu orientador, Professor Dr. Carlos Augusto Cardoso Passos, pela orientação deste trabalho.

Aos professores do Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Física, que me ensinaram o caminho do conhecimento.

À agência de fomento CAPES pela concessão da bolsa.

Para os meus colegas, que ao longo destes anos persistiram em conjunto para realizar este sonho.

Para todos os que de alguma forma tornaram possível a realização deste trabalho.

"A tarefa essencial do professor é despertar a alegria de trabalhar e de conhecer.” (Albert Einstein)

RESUMO

Nas últimas décadas, o ensino de conceitos de Física Moderna é uma preocupação contínua para muitos educadores e pesquisadores, sendo este objeto de pesquisa abordado de diversas formas. Aqui discutimos nossos resultados considerando a teoria da aprendizagem significativa pela abordagem de Ausubel, pelo referencial de Vygotsky e os conceitos de Laboratório Aberto proposto por Azevedo. Desta maneira, apresentamos uma reflexão sobre a prática experimental como uma proposta pedagógica no Ensino Médio de uma escola pública. E, investigamos como esta prática pode servir para promover uma mudança de conceitos de dualidade onda-partícula da luz. Para fazer isso, aplicamos um questionário aberto e um conjunto de categorias hierárquicas, que consistem em cinco modelos diferentes sobre a natureza da luz. Um total de 61 alunos participaram desta pesquisa. Os questionários foram utilizados para acessar a compreensão do aluno antes e depois da nossa sequência didática. Em primeiro lugar, os resultados mostraram que nossos alunos tinham um nível muito baixo de conhecimento prévio sobre a natureza da luz, isto é, explicaram explicitamente a natureza da luz com ideias primitivas. Em segundo lugar, construímos um conjunto de experimentos didáticos de baixo custo como uma prática educacional. Em seguida, os alunos do terceiro ano do Ensino Médio usaram as experiências para revelar alguns aspectos da natureza da luz. Finalmente, aplicamos novamente o questionário aberto para observar sua evolução do conceito de dualidade onda-partícula da luz. Nossos resultados mostraram que os alunos explicam a natureza da luz usando ou um modelo eletromagnético corpuscular ou um modelo eletromagnético dual, mas nenhum estudante usou o modelo primitivo. Em nossa opinião, a metodologia utilizada nesta dissertação contribuiu positivamente para o processo de aprendizagem dos alunos.

Palavras-chave: Física Moderna. Dualidade onda-partícula. Ensino de Física. Aprendizagem significativa.

ABSTRACT

In the last decades, the teaching of modern physics concepts is a continuous concern for many educators and researchers. And this is the object of research that takes into account different approaches. Here we discussed our results considering the meaningful learning theory by Ausubel, Vygotsky approach and the concepts of open laboratory proposed by Azevedo. And then we present a reflection on experimental practice as a didatic proposal in public high school. And, we investigated how this practice can serve to promote a change of concepts of wave-particle duality of light. To do this we applied an open questionnaire and a set of hierarchical categories, consisting of five different models about the nature of light. A total of 61 students participated of this research. The questionnaire was used to access the student understanding before and after our sequence didactic. Firstly, the results showed that our students had a poor level of prior knowledge about the nature of light, that is, they explained explicitly the nature of light with primitive ideas. Secondly, we built a set of low cost didactic experiments as a practical education. In the following, the secondary students used the experiments to reveal some aspects of nature of light. Finally, we used again the open questionnaire to observe their enhancement about nature of light. Our results showed that the students explain the nature of light using or a corpuscular electromagnetic model or a dual electromagnetic model, but no students used primitive model. In our opinion, the methodology used in this dissertation contributed positively to the student learning process.

Keywords: Modern Physics. Wave-particle duality. Teaching Physics. Meaningful learning.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Exemplo de plano de trabalho elaborado por um grupo de alunos para o experimento 01..... .58
Figura 02: Exemplo de plano de trabalho elaborado por um grupo de alunos para o experimento 01 (continuação figura 01)..... 59
Figura 03: Exemplo de plano de trabalho elaborado por um grupo de alunos para o experimento 04..... 60
Figura 04: Exemplo de Mapa Conceitual produzidos pelos alunos no Pós-Teste... 63
Figura 05: Exemplo de Mapa Conceitual produzidos pelos alunos no Pós-Teste... 64

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Modelos e submodelos sobre natureza da luz e suas características..... 53
Quadro 2 – Planos de categorização 55
Quadro 3 – Classificação por tipo de resposta 57

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Análise do resultado do pós-teste..... 64
Gráfico 2 – Experimento sobre a velocidade da luz..... 66
Gráfico 3 – Experimento sobre radiação de corpo negro..... 66
Gráfico 4 – Experimento sobre medida da constante de Planck..... 67
Gráfico 5 – Experimento sobre efeito fotoelétrico..... 67

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Literatura sobre “Ensino de Física por Investigação Experimental com Microcontroladores” e Dualidade Onda-Partícula..... 34

Tabela 2 – Custos dos experimentos construídos para a sequência didática..... 44

Tabela 3 – Níveis de investigação no Laboratório de Ciências..... 45

Tabela 4 – Graus de liberdade do professor/aluno em aulas de laboratório..... 46

Tabela 5 – Qualidade dos planos no experimento 01 “A Velocidade da Luz”..... 55

Tabela 6 – Qualidade dos planos no experimento 02 “A Radiação de Corpo Negro” 55

Tabela 7 – Qualidade dos planos no experimento 03 “Medida da Constante de Planck”..... 56

Tabela 8 – Qualidade dos planos no experimento 04 “O Efeito Fotoelétrico”..... 56

Tabela 9 – Solução do problema no experimento 01 “A Velocidade da Luz”..... 62

Tabela 10 – Solução do problema: no experimento 02 “A Radiação de Corpo Negro”..... 62

Tabela 11 – Solução do problema no experimento 03 “Medida da Constante de Planck”..... 62

Tabela 12 – Solução do problema no experimento 04 “O Efeito Fotoelétrico”..... 62

LISTA DE SIGLAS

BDTD – Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações

CAPES – Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal do Nível Superior

E.E.E.F.M. – Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio

EM – Ensino Médio

EMI – Ensino Médio Integrado

FM – Física Moderna

LDR – Light Dependet Resistor

NDP – Nível de Desenvolvimento Potencial

NDR – Nível de Desenvolvimento Real

PCN – Parâmetros Curriculares Nacionais

RBR – Revista Brasileira de Ensino de Física

TAS – Teoria da Aprendizagem Significativa

UFES – Universidade Federal do Espírito Santo

ZDP – Zona de Desenvolvimento Proximal

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO..... 17

1. REFERENCIAL TEÓRICO 22

1.1 CONTEXTO EDUCACIONAL 22

1.2 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE AUSUBEL 24

1.3 APRENDIZAGEM POR INVESTIGAÇÃO 26

1.4 TEORIA DE APRENDIZAGEM COM BASE NOS CONHECIMENTOS PRÉVIOS (VYGOTSKY) 31

2. REVISÃO DE LITERATURA 34

2.1 AS PESQUISAS: APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA E A DUALIDADE ONDA PARTÍCULA.....35

2.2 ENSINO DE FÍSICA POR INVESTIGAÇÃO EXPERIMENTAL COM MICROCONTROLADORES.....36

3. METODOLOGIA.....38

3.1 OBJETIVO GERAL 38

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 38

3.3 OS SUJEITOS DA PESQUISA 39

3.4 INSTRUMENTOS.....43

3.4.1 As atividades investigativas 45

3.5 O LUGAR DA PESQUISA.....46

3.6 RECURSOS E EQUIPAMENTOS.....47

3.7 O DESENVOLVIMETNO DA PESQUISA 47

4. RESULTADOS 52

4.1 DESCRIÇÃO DA APLICAÇÃO E AVALIAÇÃO 52

4.2 O RESULTADO DO PRÉ-TESTE 52

4.3 AVALIAÇÃO DA APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA EM SALA DE AULA 54

4.3.1 Análise das respostas dadas nos relatórios propostos nos roteiros. 54

4.3.2 Resultados pós-teste 62

4.3.3 Resultados do questionário de opinião.....65

CONSIDERAÇÕES FINAIS 69

REFERÊNCIAS.....72

APÊNDICES 75

ANEXO 120

INTRODUÇÃO

O ensino de Física no Brasil teve seu início na primeira metade do século XIX, com a Fundação do Colégio Pedro II no Rio de Janeiro. Ao longo de quase 180 anos o processo de ensino e aprendizagem desse importante ramo do conhecimento evoluiu muito e ganhou uma abrangência e relevância significativos, contudo poucas foram as mudanças quanto suas características ao se tratar da aplicabilidade para o ensino, Isto é, um ensino baseado na transmissão de informações por meio de aulas expositivas, ausência de atividades experimentais, desvinculação da realidade do estudante, um ensino dirigido para a preparação para os exames de admissão, uso indiscriminado de livros de texto ou materiais semelhantes e ênfase excessiva na resolução de exercícios puramente memorísticos ou algébricos.

Unem-se a estas dificuldades os problemas característicos do final do século XX entre os quais estão as constantes greves na rede pública de ensino, o alto índice de repetência e abandono escolar, a necessidade que tem o estudante de trabalhar para ajudar no sustento da família, a falta de capacitação dos professores e um número insuficiente de profissionais habilitados para o ensino da Física.

De acordo com as características citadas é possível concluir que estamos frente a um processo de ensino da Física com grandes limitações no que ela se apresenta como uma ciência fragmentada, terminada, rígida e imutável. Tal situação não permite que o estudante possa compreender e interpretar situações problemas como condição necessária para que possam ter sucesso em sua resolução e apropriem-se de sua linguagem específica de modo a atuar quanto a argumentar, analisar, avaliar, fazer conclusões próprias, tomar decisões, generalizar e muitas outras ações necessárias para sua formação.

A investigação no campo do ensino da Física no Brasil constitui uma importante área acadêmica que tem conseguido acordar o interesse de alguns pesquisadores como, por exemplo, Moreira (2002, 2011), Carvalho (2004, 2009) e Coelho (2010). Isto promove a constituição de grupos, a edição de artigos e revistas que aspiram aperfeiçoar o ensino dessa ciência.

Podemos citar dentre as recentes pesquisas sobre o ensino da Física as contribuições que Carvalho (2004) coloca a respeito da importância da aprendizagem por investigação científica como prática facilitadora de muitos conteúdos, principalmente aqueles em que os alunos possuem maior dificuldade de compreender seus conceitos e associá-los ao seu cotidiano. Já os estudos de Moreira (2002, 2011) trazem a importância da aprendizagem significativa a partir das contribuições de Ausubel para o ensino da Física, em especial para a Física Moderna. Coelho (2010) também traz importante contribuição ao possibilitar uma análise qualitativa quando apresenta um sistema categórico como instrumento que permite ao professor identificar o nível de entendimento dos alunos sobre a natureza da luz, que utilizamos em nosso trabalho.

Todos esses autores e muitos outros não citados trazem contribuições relevantes para o trabalho do professor de Física, em especial quando em seus conteúdos a Física Moderna (FM) é selecionada. Suas contribuições abrem possibilidades de maior apropriação tanto do conhecimento do professor quanto do aluno a respeito da Física e, por consequência, permitem que esta se aproxime cada vez mais do cotidiano do aluno, distanciando o ensino da Física do rótulo de disciplina difícil de aprender.

Com o exposto até aqui, nossa proposta é trazer uma abordagem mais significativa para o aluno sobre a natureza da luz e especificamente sobre dualidade onda-partícula a partir da elaboração de uma sequência didática que ofereça aos docentes uma nova possibilidade de abordar esse conteúdo de maneira que o aluno seja sujeito ativo no desenvolvimento do seu processo de aprendizagem.

Consideramos relevante destacar que toda a pesquisa dialoga com as vivências do pesquisador que ao longo de sua trajetória como professor da Educação Básica sempre esteve preocupado em desenvolver uma prática que tivesse maior significado para os alunos de modo que eles se sentissem mais atraídos pela disciplina de Física.

Assim, como professor de Física, minha história iniciou-se em 1990 quando assumi aulas de Física em uma escola estadual da Grande Vitória/ES. Nessa época ainda

cursava Engenharia Elétrica, na Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). O trabalho como professor de Física me deixou fascinado. Abandonei o curso de Engenharia Elétrica e em 1995, iniciei o curso de Licenciatura Plena em Física na Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). De agosto de 1997 a setembro de 2005 lecionei apenas na rede privada de ensino. Assumi o cargo de professor efetivo na rede pública estadual de ensino no ano de 2005. Em 2014, surgiu o interesse pelo retorno aos estudos, especificamente no Mestrado Profissional. Assim, iniciei o curso do mestrado em setembro de 2014 com a expectativa de que os conhecimentos adquiridos durante o desenvolvimento da pesquisa fizessem de mim um novo profissional, mais comprometido com a qualidade do ensino e que de algum modo a minha prática a partir do produto elaborado viesse também a contribuir para práticas de outros professores de Física.

Para o alcance de nosso objetivo selecionamos alunos da 3ª série do Ensino Médio Integrado – Técnico em Logística por constituir a parte final deste nível de ensino, no qual se introduzem os conhecimentos e habilidades da disciplina de Física e por se iniciar um tratamento mais integrador e profundo das ciências no Ensino Médio. A prática se deu na Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Benício Gonçalves, localizada no bairro Vale Encantado no município de Vila Velha, Estado de Espírito Santo. Esta escola tem uma matrícula total de 731 estudantes no Ensino Médio Regular e Integrado. Deles 193 constituem o total da 3ª série, nossos sujeitos estudados. Deste conjunto de estudante, selecionamos 61 alunos matriculados no turno matutino na 3ª série do Ensino Médio Integrado da referida escola.

A estratégia metodológica da investigação é de caráter descritivo já que aborda o objeto com caráter integrador com o emprego de métodos quantitativos e qualitativos, o que permitiu uma visão abrangente do objeto estudado.

A novidade científica do presente trabalho consiste em que pela primeira vez, no contexto da escola e município estudados, analisar pela via científica a apropriação de conhecimentos sobre dualidade onda-partícula no ensino de Física para alunos da 3ª série do Ensino Médio. A partir de então propusemos uma possibilidade de aprendizagem tendo como método a investigação científica com base nas contribuições de Azevedo, Ausubel e Vygotsky de modo que a nossa elaboração a

sequência didática, contribua para o trabalho e para o aperfeiçoamento do professor de Física assim como para a aprendizagem dos alunos. A não existência de outras experiências investigativas relacionadas com o tema determina na escola a novidade e define sua importância.

A dissertação consta de 04 capítulos, além de um corpo de apêndices e anexo (em que se encontra o produto deste trabalho) que contribuem para a melhor compreensão de seu conteúdo. No anexo se encontra a sequência didática por nós elaborada como produto deste trabalho. Os capítulos seguem a seguinte organização:

- ✓ **Capítulo 1**: Referencial Teórico – nesse capítulo abordamos os principais autores e conceitos que balizaram nossa pesquisa;
- ✓ **Capítulo 2:** Revisão de Literatura – nesse capítulo realizamos um levantamento dos trabalhos já realizados que dialogam com o nosso objeto de estudo para que pudéssemos analisar como a contribuição destes trabalhos puderam colaborar e também evidenciar a relevância da nossa pesquisa;
- ✓ **Capítulo 3**: Metodologia – nesse capítulo detalhamos o instrumento para desenvolver da nossa investigação e descrevemos a sequência didática para alcançar nossos objetivos;
- ✓ **Capítulo 4**: Resultados – nesse capítulo explicitamos e também analisamos como a sequência didática construída colaborou para o processo de aprendizagem dos estudantes e ao mesmo tempo a sua importância para o trabalho de professores de Física no ensino do conteúdo “Dualidade onda-partícula”.

Nossa pesquisa tem por objeto de estudo montar uma sequência didática e avaliar se a inserção de experimento de baixo custo com auxílio de microcontroladores modificam os modelos sobre natureza da luz para os estudantes de 3ª. Série do Ensino Médio. Desse modo, para alcançar nosso objetivo elencamos outros objetivos que nos deram os caminhos para o desenvolvimento de todo o nosso trabalho que são: Verificar a concepção dos alunos sobre a natureza da luz; Descrever o conceito de dualidade, ondas eletromagnéticas, quantização de energia e fótons de luz a partir de situações problemas do cotidiano dos alunos por meio de

aula expositiva dialogada; Realizar uma atividade de Laboratório Aberto para medir a velocidade da luz a partir da radiação de micro-ondas; Realizar um uma atividade de Laboratório Aberto para estudar a absorção e emissão de radiação por um corpo negro com uso de microcontrolador de baixo custo; Realizar uma atividade de Laboratório Aberto para obter o valor da constante de Planck a partir da luz emitida por um LED (Light Emitting Diode) com uso de microcontrolador de baixo custo;

Assim, após o desenvolvimento de todos os estágios desse trabalho, identificamos que as atividades de Laboratório Aberto permitiu aos alunos compreender os conceitos dos fenômenos estudados e que a sequência didática aplicada auxiliou na modificação dos modelos sobre a natureza da luz para os alunos do ensino médio

1 REFERENCIAL TEÓRICO

Para embasar esta proposta de trabalho utilizamos como aportes teóricos Ausubel e sua Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), a Teoria de Aprendizagem com base nos conhecimentos prévios (Vygotsky), e os conceitos de ensino por investigação (Azevedo).

1.1 CONTEXTO EDUCACIONAL

Os debates em torno do direito a uma educação pública de qualidade revelam a configuração de um campo bastante contraditório em que muitos caminhos tem se perspectivado para atender as necessidades de aluno e professores de modo que ambos obtenham sucesso.

Discussões sobre a necessidade de uma reformulação curricular tem tensionado o sistema educacional como um todo e ainda as práticas pedagógicas no cotidiano escolar. Nesse contexto é necessário pensarmos numa educação que garanta a integração de eixos como o do trabalho, da ciência, da cultura e da tecnologia.

Na perspectiva de compreender a relação entre ciência e tecnologia como agentes ativos do desenvolvimento científico, a escola ganha um papel importante ao ser compreendida como um espaço de oportunidades na qual os sujeitos são produtores da sua própria cultura refletindo modificações na sociedade em que vivem. Tudo isso ocorre durante toda a educação básica, contudo se intensifica no Ensino Médio, nosso campo de atuação. Não podemos deixar de ressaltar, que a disciplina de Física está diretamente associada às questões que envolvem os eixos já citados, contudo ainda é importante que compreendamos a relação complexa que se dá entre conhecimento científico e conhecimento tecnológico já que esse segundo pode ser considerado como uma aplicação da ciência. Numa relação dual, ambos podem gerar conhecimentos.

Ainda na discussão de uma formação integral é que consideramos a importância da revisão curricular para o Ensino Médio de forma que os conhecimentos da Física Moderna sejam ampliados e contemplados de forma significativa para os alunos. Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs),

> A Física é um conhecimento que permite elaborar modelos de evolução cósmica, investigar os mistérios do mundo submicroscópico, das partículas que compõem a matéria, ao mesmo tempo que permite desenvolver novas fontes de energia e criar novos materiais, produtos e tecnologias. Incorporado à cultura e integrado como instrumento tecnológico, esse conhecimento tornou-se indispensável à formação da cidadania contemporânea (BRASIL, 1998, p.24).

Pensando nessa contemporaneidade é que também destacamos as características do nosso público alvo, que é jovem, matriculado no Ensino Médio e apresenta interesses e comportamento próprios da adolescência em que o mundo científico e tecnológico o cerca desde sempre. Assim, apresentar uma proposta que vá ao encontro desses interesses é de fundamental importância para o bom desenvolvimento da aprendizagem. Não é possível pensar em uma educação de qualidade sem considerar a historicidade dos sujeitos e sua atuação no processo. Nesta perspectiva, Vygotsky (1998) afirmou a necessidade da criação de métodos eficazes para o ensino de modo que permitisse ao aluno uma maior compreensão de conceito. Para este autor:

> [...] um conceito é mais do que a soma de certas conexões associativas formadas pela memória, é mais do que um simples hábito mental; é um ato real e complexo de pensamento que não pode ser ensinado por meio de treinamento, só podendo ser realizado quando o próprio desenvolvimento mental da criança já tiver atingido o nível necessário (VYGOTSKY, 1998, p. 104).

Podemos afirmar que a escola contemporânea necessita de mudanças, adequações e atitudes que possam garantir a formação integral de maneira universal e ainda que as novas possibilidades de mundo que se materializam a partir das ciências e tecnologias sejam apropriadas pelos alunos e que o currículo possa ser praticado, no ensino de Física, tendo como possibilidade os conceitos da FM, que tanto colaborou para todo o avanço da humanidade.

1.2 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE AUSUBEL

Um dos termos mais usados na educação nos dias atuais é “Aprendizagem Significativa”. Pesquisadores consideram que é necessário que os alunos aprendam significativamente para assim poderem dar seguimento ao processo de aprendizagem. Portanto, o aluno ao estudar um determinado conteúdo de modo que ele se torne um conhecimento adquirido é necessário que ele seja significativo, que faça sentido e esteja interligado a outros conhecimentos já adquiridos.

A partir dessa perspectiva, trabalhamos com o conceito de Aprendizagem Significativa de David Ausubel. Sua Abordagem sobre a aprendizagem pressupõe que os conhecimentos prévios dos alunos sejam valorizados. Desta forma, os alunos podem construir estruturas mentais utilizando, como meio, mapas conceituais que permitem descobrir e redescobrir outros conhecimentos, caracterizando assim, uma aprendizagem prazerosa e eficaz. “O fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe. Averigue isso e ensine-o de acordo” (AUSUBEL, 1980).

Essa teoria, que tem suas bases nas pesquisas de Jean Piaget e Vygotsky, compreende que o processo de aprendizagem cognitivo ocorre a partir da forma como as informações são processadas e armazenadas por cada indivíduo. O conhecimento prévio, o qual Moreira vai descrever muito bem e que veremos mais adiante, baliza os conceitos de Ausubel. Neste sentido, a aprendizagem só se torna significativa quando o sujeito está disposto a receber novos conhecimentos e quando esses conhecimentos se integram a outros previamente adquiridos.

Ainda na perspectiva da teoria da aprendizagem significativa segundo Ausubel (1980), quando uma informação não é aprendida de forma significativa, ela é aprendida de forma mecânica. Assim, contrariando a aprendizagem significativa, na aprendizagem mecânica, as informações são retidas sem interagir com informações relevantes já existentes na estrutura cognitiva e a nova informação é armazenada de maneira arbitrária e literal. Portanto o autor considera ambas um processo e a segunda inevitável no caso de novos conceitos. Entretanto, uma vez retidos esses

novos conceitos, logo, claro que não de maneira tão simples, se transformam em significativos. É importante destacar que este é um processo dinâmico em que o "novo conceito formado passa a ser um novo conhecimento que pode servir de futuro ancoradouro para novas aprendizagens" (AUSUBEL et al., 1980; p.625; MOREIRA, 1999ª, p. 129, 1999b, p.195).

Essa compreensão, que podemos também entender como uma concepção pedagógica, pois está diretamente ligada à prática de ensino, torna-se mais relevante quando propõe uma reflexão crítica sobre a aprendizagem escolar e o ensino, pois rompe o paradigma que generaliza o processo de desenvolvimento do sujeito a partir da simples transferência de conteúdos. Portanto:

> A aprendizagem significativa é tão importante no processo de educação por ser o mecanismo humano por excelência para a aquisição e o armazenamento da vasta quantidade de ideias e de informações representadas por qualquer área de conhecimentos. A aquisição e a retenção de grandes conjuntos de matérias é um fenômeno extremamente impressionante (AUSUBEL, 2003, p. 81).

Para que possamos definir o conceito da Aprendizagem Significativa proposta por Ausubel, precisamos compreender que ela está diretamente envolvida com a aquisição de novos significados. "Estes são, por sua vez, os produtos finais da aprendizagem significativa", o que produz para o aprendiz "o surgimento de novos significados" refletindo ação e finalização de um anterior processo de aprendizagem significativa (AUSUBEL, 2003, p. 71).

Outro aspecto que merece destaque na aprendizagem significativa são as condições em que ela ocorre e como isso impacta na aprendizagem. Estudos apontam que primeiramente o material de aprendizagem precisa apresentar-se de maneira potencialmente significativo, e o segundo fator, tão importante quanto, é a predisposição que o aprendiz deve ter para aprender (Ausubel, 2003). Assim, o material preparado para as aulas, ou os recursos disponibilizados para que a aprendizagem ocorra (aplicativos, imagens, livros, etc.) exigem um significado lógico razoável. Do mesmo modo, espera-se que o aprendiz disponha de ideias-âncoras que também possam se relacionar com o material. Portanto, tanto o material quanto a estrutura cognitiva do aprendiz devem relacionar-se harmoniosamente.

Na prática, é o aluno, o aprendiz que atribui significado ao material, que será ou não significativo dependendo da relação que houver entre eles e isso muitas vezes não condiz com os conceitos padronizados nos livros. Para tanto o aluno tem que estar disposto a relacionar, de maneira interativa, os novos conhecimentos com os que ele já possui (os conhecimentos prévios).

1.3 APRENDIZAGEM POR INVESTIGAÇÃO

Com base em estudos e pesquisas de Hodson (1994), compreendemos que estudantes desenvolvem melhor seus conhecimentos quando realizam na escola atividades de investigações científicas que se aproximam das realizadas em laboratórios de pesquisa. Desse modo percebemos o quanto torna-se importante que os professores da área das Ciências da Natureza e mais especificamente os professores de Física necessitam de experimentar, testar e avaliar as atividades investigativas que pretendem desenvolver com seus alunos, além de acompanhar as novidades de pesquisa que a Física vem apresentando recentemente. Contudo, não temos a intenção de defender que esta seja a única forma de se trabalhar o ensino da Física, mas apenas provocar os docentes a também perceber que essa é uma prática importante e necessária para o processo de aprendizagem dos alunos, principalmente os que apresentam maior dificuldade na disciplina. O processo de atividade investigativa também é uma ferramenta de ensino para potencializar o gosto pelas ciências.

Outro aspecto do desenvolvimento do conhecimento científico que queremos evidenciar é que quando falamos em Ciência devemos compreender que conceitos e teorias, processos e produtos caminham juntos. Por outro lado ela não pode ser reduzida a simples conhecimento de conceitos, nem mesmo ficar apenas nos produtos, pois conceitos, teorias e produtos possuem interdependência. A partir desse entendimento afirmamos, com base em Carvalho (2004), que é imprescindível aos estudantes de Ensino Médio na disciplina de Física desenvolver habilidades e competências que os levem a identificar e conhecer a natureza das explicações, modelos e conceitos das teorias científicas de modo a relacionar todo esse conhecimento com as práticas utilizadas para se chegar a determinado produto.

Portanto, aprender as possibilidades e estratégias para o desenvolvimento do pensar cientificamente é um direito do aluno. Este conhecimento deve ampliar suas vivências de modo que seja capaz de realizar outras investigações que os levarão a novos produtos. Em outras palavras, o aluno deve aprender sobre os conteúdos conceituais, mas também aprender a elaborar questões, planejar, propor possibilidades de resolução de problemas, identificar e descrever objetos, coletar dados, analisar dados e estabelecer relações entre a análise e as evidências, argumentar e expor ideias sobre o que está estudando e investigando. De acordo com Hodson (1994), os alunos ao participarem de investigações científicas aprendem mais sobre ciência e também sobre conhecimentos conceituais.

Autores como (LOPES, 2013; CARVALHO 2011; 2013; 2004, AZEVEDO, 2004; ZÔMPERO e LABURÚ, 2011; SOLINO, 2013) indicam que o ensino de ciências deve ocorrer sustentado nas práticas investigativas como aquelas desenvolvidas em laboratórios científicos. Assim, tomamos como princípio do nosso trabalho a ideia de investigação como processo pelo qual os conhecimentos são construídos apoiados nas análises, confronto de ideias e perspectivas, processos empíricos e teóricos.

Tudo isso faz com que o ensino por investigação esteja correlacionado com a necessidade dos alunos de participarem da construção da sua compreensão sobre os conteúdos curriculares propostos para sua etapa e série na educação básica. É nesse momento que o papel mediador do professor é exposto. Ele é o responsável pela aproximação de seus aprendizes dos conceitos científicos já consolidados e reconhecidos pelos pesquisadores. Para tal finalidade, o professor conduz os alunos a reconstruir seus próprios conceitos utilizando condições facilitadoras do processo de aprendizagem, por meio das quais os alunos usam os próprios conceitos para elaboração de hipóteses que os conduzam a elementos contraditórios e possam ser esclarecidos por meio da investigação e análise, testes e experimentos.

A hipótese é o ponto chave no plano de trabalho do professor assim como no processo da construção do conhecimento do aluno. Na sala de aula, as hipóteses transformam-se em problemas que contribuem para que os estudantes estabeleçam suas conclusões e saibam explicar o seu entendimento sobre determinada situação ou fenômeno investigado.

Todas essas ações indicam que “os estudantes desenvolvem melhor sua compreensão conceitual e aprendem mais acerca da natureza das ciências quando participam de investigações científicas, em que haja suficiente oportunidade e apoio para reflexão” (Hodson, 1994). Do mesmo modo podemos afirmar que “a atividade deve estar acompanhada de situações problematizadoras, questionadoras, diálogo, envolvendo, portanto, a resolução de problemas e levando à introdução de conceitos” (CARVALHO et al,1999, p.42).

Portanto, todo conhecimento ligado ao ensino por investigação revela que os alunos devem atuar ativamente em suas salas de aula e que podem participar do processo de consolidação do seu entendimento a respeito de determinado conteúdo curricular. Ademais, o professor torna-se o mediador de tal processo. O educador instiga as hipóteses por meio do seu plano de trabalho levando o aluno a elaborar suas conclusões a partir de uma atividade de caráter social específica em que o principal objetivo é:

> [...] criar um ambiente investigativo em salas de aula de Ciências de tal forma que possamos ensinar (conduzir/mediar) os alunos no processo (simplificado) do trabalho científico para que possam gradativamente ir ampliando sua cultura científica, adquirindo, aula a aula, a linguagem científica (CARVALHO, 2013, p. 9).

Todavia, criar as condições necessárias para que esse conhecimento científico ocorra não é algo tão simples, principalmente quando levamos em conta todas as limitações que as escolas públicas oferecem, contudo é preciso oferecer possibilidades e condições para que o conhecimento científico ocorra de maneira crítica e reflexiva pelos alunos permitindo a liberdade intelectual deles de modo que eles vivenciem uma cultura científica sempre respeitando suas particularidades e as particularidades da disciplina, no caso, a disciplina de Física.

Em nossa opinião, o ensino por investigação não deixa de ser uma possibilidade de aproximação entre culturas, a cultura escolar e a científica, além disto, é uma abordagem didática fundamental para a aprendizagem de determinados conteúdos. Segundo Carvalho et al. (1998, p. 12), “o ensino somente se realiza e merece este nome se for eficaz, se fizer o aluno de fato aprender”. Nessa perspectiva a mediação oferece o caminho para que o aluno aprenda um caminho bem diferente daquele em

que a ciência é engessada, sem possibilidades de ser questionada. Uma vez que o aluno constrói seu próprio conhecimento podemos seguir propondo “a ensinar Ciências a partir do ensino sobre Ciências” (CARVALHO et al., 2004, p. 3).

De acordo com Carvalho et al. (1998, p. 29), “criar alunos autônomos e que saibam pensar, tomar as próprias decisões e estudar sozinhos são as metas do ensino” investigativo. Contudo essa autonomia implica permitir que o aluno conduza a aula sempre mediados pelas orientações do professor.

Compreendemos que o processo de aprendizagem ocorre de maneira diferente para cada sujeito e que em alguns casos a materialização do conteúdo ensino torna-se fundamental para que o processo ocorra com sucesso. Assim como Carvalho (2004) e Azevedo (2004), entendemos que os alunos desenvolvem com mais propriedade seus conhecimentos quanto utilizam como recurso de aprendizagem atividades investigativas. Isso ocorre principalmente quando o processo de investigação se assemelha aos métodos de uma investigação científica. Quando tratamos mais diretamente sobre o ensino de Física essa investigação pode ocorrer por meio de atividades práticas em que experimentos sejam utilizados em sala de aula assim como pode se dar em simples resoluções de problemas.

A atividade investigativa coloca o estudante como protagonista da construção de seu conhecimento. De acordo com Azevedo (2004):

> É preciso que sejam realizadas diferentes atividades, que devem estar acompanhadas de situações problematizadoras, questionadoras e de diálogo, envolvendo a resolução de problemas e levando à introdução de conceitos para que os alunos possam construir seu conhecimento (AZEVEDO, 2004, p.20).

Nas questões problematizadoras, segundo Azevedo (2004) em um processo investigativo, o aluno desenvolve o pensamento científico. Desta forma amplia seus conhecimentos diante de situações novas que dependem da análise, observação ou manipulação. Para que o conhecimento do aluno lhe sirva de suporte para a construção de novos conhecimentos é importante que ele seja o pesquisador, o investigador de maneira sempre ativa. Neste contexto, elaboramos a nossa proposta de sequência didática fundada na abordagem investigativa de Laboratório Aberto. A

questão aberta e problema aberto fazem parte do processo e se definem, segundo o autor, como instrumentos integrados do processo investigativo.

Ainda, segundo Azevedo (2004), podemos afirmar que esse tipo de atividade investigativa que tem seu início com uma proposição de problema segue em busca de sua solução. Portanto, é na busca pela resolução do problema que o aluno estabelece os objetivos que dará os caminhos a serem trilhados tendo o levantamento de hipóteses como o principal deles. Logo, o aluno elabora um plano de investigação que norteará os passos da experiência elencando o material necessário, a montagem, a coleta de dados e o teste das hipóteses levantadas. Após essas etapas cumpridas chega o momento da prática em si. É na etapa da prática que os alunos manipulam todos os dados que foram coletados e analisam esses dados confrontando as hipóteses iniciais e os resultados encontrados, de modo que ao findar ele responde as questões iniciais formalizando os resultados encontrados em sua experiência ao redigir a resposta ao problema proposto inicialmente (AZEVEDO, 2004).

Nessa perspectiva temos, conforme Azevedo (2004), uma sequência de etapas que dão as condições necessárias para a realização da experiência que são: a) proposta do problema colocada como “pergunta que estimule a curiosidade científica do estudante” (AZEVEDO, 2004, p.28); b) levantamento de hipóteses motivada pelo professor e levantadas pelos alunos; c) elaboração do trabalho, momento em que se define como será realizado o experimento.

Nessa lógica, buscamos desenvolver em nossa proposta essas etapas de investigação. Dessa forma, os problemas foram pensados de forma bem criteriosa, evidenciando a questão inicial de modo que a reflexão e a análise dos alunos estejam asseguradas no decorrer da aprendizagem.

Também sobre ensino por investigação temos as contribuições de Munford e Lima (2007) que enfatizam a necessidade de se “promover um ensino mais interativo, dialógico e baseado em atividades capazes de persuadir os alunos a admitirem as explicações científicas para além dos discursos autoritários, prescritivos e dogmáticos” (MUNFORD; LIMA, 2007, p.22). Estes autores consideram que a

valorização das respostas dos alunos é fundamental para que o diálogo ocorra de maneira favorável ao aprendizado, pois a discussão dos possíveis erros é que garante os debates e reflexões permitindo a construção e consolidação de novos sentidos e significados que surgem na busca pela resolução do problema.

1.4 TEORIA DE APRENDIZAGEM COM BASE NOS CONHECIMENTOS PRÉVIOS (VYGOTSKY)

Evidentemente, a Física é a ciência que tem por objetivos explicar os fenômenos naturais e assim como qualquer outra teoria ela só se materializa quando comprovada experimentalmente. Essa percepção sobre as ciências vai ao encontro das demais teorias de aprendizagem que explicitamos até aqui, tanto a aprendizagem significativa de Ausubel, como a teoria da aprendizagem por investigação de Azevedo.

Diante desse contexto a Física, enquanto disciplina do currículo escolar desconectada das dimensões científicas, acaba por representar para o estudante uma disciplina difícil, árdua e chata, pois decorar fórmulas sem saber a finalidade delas não tem sentido algum para os alunos.

Diante dessa compreensão, novamente afirmamos que é preciso para os alunos que o ensino da Física seja capaz de desenvolver habilidades e construir conhecimentos que os possibilite renovar conceitos já consolidados e ao mesmo tempo desenvolver novos conhecimentos e produtos do seu aprendizado. Todavia, o processo de desenvolvimento do conhecimento e principalmente do conhecimento científico se dá como expressão de um processo sócio-histórico e cultural no qual a linguagem se coloca como o principal agente de mediação entre os alunos e o mundo em que vivem. Nesse sentido, seguimos balizados pelas contribuições Vygotskyanas para entender como esse processo se estrutura e ocorre. Portanto, podemos dizer que o caráter sociocultural do ensino e da aprendizagem proposto por Vygotsky (1984) se organiza a partir da mediação realizada pelos signos e sistemas simbólicos postos nas mais diversas relações sociais do dia a dia na sala de aula.

Para Vygotsky (1984) é a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP), que nada mais é que a distancia estabelecida entre os níveis de desenvolvimento potencial (NDP) e o nível de desenvolvimento real do indivíduo (NDR), é o ponto chave para desenvolvimento completo do ser. Nesta lógica, Vygotsky afirma que “aquilo que é zona de desenvolvimento proximal hoje será o nível de desenvolvimento real amanhã – ou seja, aquilo que uma criança pode fazer com assistência hoje, ela será capaz de fazer sozinha amanhã” (VYGOTSKY, 1984, p. 98). Portanto, o professor tem um papel ímpar no processo de desenvolvimento e consolidação da aprendizagem de seus alunos. A mediação ao ser intencional conduz e orienta a aprendizagem do estudante por meio das interações sociais. Assim, o conceito de ZDP nos faz considerá-la como uma estratégia a partir da qual o professor pode incidir sobre os alunos e é aí que no ensino da Física se entrelaçam o papel mediador do professor com os conhecimentos prévios dos estudantes que servem de subsídios para o desenvolvimento de um novo produto da aprendizagem, um novo saber, um novo conhecimento.

Nesse momento de aprendizagem significativa, aproximar os alunos de situações e fenômenos do seu cotidiano e de seus conhecimentos prévios é o mesmo que incidir sobre a Zona de Desenvolvimento Proximal. Isto provoca momentos de aprendizagens diferentes entre os alunos que apresentarão níveis de conhecimentos prévios diferentes uns dos outros. E ao realizar sua investigação, vivencia uma experiência também diferente devido ao nível de compreensão dos conceitos já trabalhados. Nossa intenção aqui é mais uma vez mostrar a importância da mediação do professor entre alunos e dos alunos entre seus pares, além de que o uso de materiais experimentais contribui para o aperfeiçoamento do desenvolvimento cognitivo dos discentes.

Observamos segundo de Vygotsky (1999) que o bom ensino é aquele que se adianta ao desenvolvimento. Entendemos que, ao estimular a aprendizagem de funções e conhecimentos que ainda não foram desenvolvidos nos discentes, é dar eles possibilidade para a existência da zona de desenvolvimento proximal. Sendo assim, esse processo se estabelece na interação do ser individual com o meio físico e social em que vive justamente a relação entre o social e a aprendizagem escolar que a teoria sócio-histórico-cultural Vygotskyana destaca.

Percebemos que a teoria de Vygotsky ganha ainda mais relevância quando somada às contribuições de Ausubel. Isto porque para este autor os processos de aprendizagem significativa são ancorados em uma abordagem cognitiva e os conhecimentos prévios são o ponto de partida para uma nova aprendizagem que também, por meio da relação social dos alunos, se torne também significativa (AUSUBEL, 1968, p.6: NOVAK, 1998, p. 9).

Podemos dizer com base nos estudos até aqui apresentados que a aprendizagem nada mais é que um processo contínuo e que a educação é caracterizada pela passagem qualitativa de um nível de aprendizagem para outro nível, sempre em escala de elevação. Isto justifica o destaque que Vygotsky dá às relações sociais de desenvolvimento e aprendizagem em suas obras.

Esta reflexão nos fez propor o uso de métodos que facilitassem a mediação entre professor e aluno e entre os próprios alunos. Percebemos que o papel do outro, mediado pela linguagem e o uso de experimentos correspondeu às expectativas no que se refere aos resultados que puderam ser observados após a atividade.

Compreendemos que a teoria de Vygotsky sobre os conhecimentos prévios dá lugar e voz ao aluno para expor e ampliar sua criatividade, sua autonomia. Sobretudo o coloca em condição de agente do seu conhecimento e não como um objeto. A educação não pode ser considerada como algo deslocado da vida cotidiana dos alunos, nem da própria escola, pois é no respeito às diferenças e na não padronização dos sujeitos nela inseridos é que ocorre a verdadeira transformação que desejamos que ocorra na educação.

Por fim, entendemos que o papel da escola, e, sobretudo, do professor na formação dos conceitos científicos é fundamental para que os alunos aprimorem e construam novos significados para os conhecimentos já sistematizados quando associados à suas vivências e suas condições físicas sociais de aprendizagem.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A nossa proposta neste capítulo é elencar as principais pesquisas que também abordam o nosso tema. Abordamos os descritores “Ensino de Física por investigação experimental com microcontroladores” e “dualidade onda-partícula”.

Utilizamos como fonte de pesquisa o Banco de Teses e Dissertações da Capes, a Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), o Periódicos Capes e por fim a Revista Brasileira do Ensino de Física (RBEF). Fizemos um recorte temporal entre os anos de 2005 a 2015, pois neste período as pesquisas sobre Física Moderna na perspectiva do ensino ganham maior representatividade no mundo acadêmico. Em nossas buscas encontramos um total de 36 trabalhos. A nossa apresentação é apenas dos trabalhos que apresentam maior proximidade com a nossa pesquisa. A Tabela 1 resume o nosso levantamento. Os demais trabalhos encontram-se em tabelas disponibilizadas no apêndice A.

Tabela 1 – Literatura sobre “Ensino de Física por Investigação Experimental com Microcontroladores” e Dualidade Onda-Partícula.

FONTE DOS DADOS	TOTAL DE TRABALHOS	DUALIDADE ONDA-PARTÍCULA	E. F. POR INVESTIGAÇÃO
BDTD	13	00	02
CAPES	15	02	0
PERIÓDICOS CAPES	04	01	0
RBEF	04	00	0
TOTAL	**36**	**03**	**02**

Fonte: elaborada pelo autor a partir dos bancos de dados citados nesse capítulo.

Estes dados revelam que o número de trabalhos que abordam mais diretamente a nossa temática é muito pequeno, o que justifica a relevância desta dissertação de mestrado. Contudo ressaltamos que no campo da Física Moderna muito ainda há o que se pesquisar e o que nos propomos é exatamente contribuir para a ampliação desse campo da Física, além de levar para as escolas a possibilidade de um recurso

que facilite o processo de aprendizagem entre professores e alunos. Desse modo, apresentamos as pesquisas e realizamos um diálogo entre os trabalhos selecionados que possuem maior vinculação com o nosso objeto de pesquisa.

2.1 AS PESQUISAS: APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA E A DUALIDADE ONDA PARTÍCULA

Cabral, Iramaia e Moreira, (2005) em artigo intitulado “Um estudo sobre a captação do significado do conceito de dualidade onda-partícula por alunos do Ensino Médio”, investigaram a possibilidade da captação do significado do conceito de onda-partícula por alunos do ensino médio. A questão foi compreender a perspectiva de uma aprendizagem significativa crítica. Metodologicamente, utilizaram como instrumento de pesquisa para a avaliação da aprendizagem dos alunos avaliações com questões objetivas, questões abertas e mapas conceituais. A análise foi por meio de escalas de atitudes, aplicadas em duas escolas dessa etapa de ensino em Cuiabá. Concluem que os alunos captaram o significado do conceito de dualidade onda-partícula a partir da visão de Gowin como pré-requisito para a aprendizagem significativa. Portanto, a “negociação de significados entre professor e aluno vai até o ponto onde o aluno assimila”, e este é ponto desejado pelo professor.

Coelho (2016) elaborou um material didático instrucional que orienta o professor a tratar os conteúdos que contemplam Física Moderna e Contemporânea (FMC) a partir de uma perspectiva social, cultural, e política. Neste trabalho, o conhecimento prévio do aluno é considerado a variável de maior importância. A proposta foi dividida em três partes. A intenção do autor foi contemplar conceitos como grandezas físicas contínuas e quantizadas, dualidade onda-partícula, além de diferentes processos físicos “modernos” como o efeito fotoelétrico e fotovoltaico, e a emissão estimulada aplicada ao LASER, LED e OLED. Concluiu que, além de colaborar com a expansão intelectual de todos os envolvidos, isto é, professor e aluno, esta proposta lhes permite estar em contato contínuo com pesquisas científicas recentes.

Alvarenga (2008) relata a experiência obtida com alunos de Ensino Médio de um curso de caráter extracurricular. Neste trabalho, o autor tratou de temas relacionados aos conteúdos curriculares. O objetivo principal da proposta foi introduzir alguns conceitos fundamentais de Física Moderna, especialmente os princípios básicos da Mecânica Quântica, a partir da discussão do dualismo onda-partícula. A proposta foi aplicada em turmas de 2º ano do Ensino Médio em uma escola de Porto Alegre. O trabalho foi embasado na Teoria de Aprendizagem Significante de Rogers e na Teoria de Aprendizagem Significativa de Ausubel. Para a avaliação do processo foram aplicados um pré-teste e um pós-teste, de mesmo teor, e solicitado um depoimento escrito sobre o interesse dos alunos nos tópicos abordados. Alvarenga (2008) concluiu com a produção de um hipertexto, gravado em CDROM e disponibilizado na rede mundial de computadores, que pode ser utilizado em cursos de Ensino Médio com o objetivo de introduzir Tópicos de Física Moderna.

2.2 ENSINO DE FÍSICA POR INVESTIGAÇÃO EXPERIMENTAL COM MICROCONTROLADORES

Rodrigues (2014) apresentou uma atividade direcionada aos alunos do terceiro ano do Curso Técnico de Informática utilizando microcontroladores Arduino, como ferramenta mediadora no Ensino de Física. Durante o procedimento, o autor considerou a motivação, visando uma aprendizagem significativa, enfatizando o que o aluno conhece e não suas carências. Apresenta uma estratégia de ensino embasada em teorias de formação social da mente e zona de desenvolvimento proximal abordados por Lev Vygotsky e de teoria de projetos propostos por Hernández. Conclui evidenciando que a praticidade do uso do Arduino facilita a mediação dos conceitos de Física e de outras disciplinas como Matemática, Informática, etc.

Carvalho (2014) realizou uma atividade experimental investigativa sobre as marés atmosféricas. O fenômeno foi analisado a partir de medições automatizadas da pressão atmosférica, feitas com o uso de um sensor digital de pressão controlado por uma placa Arduino. Uma investigação comparativa foi realizada entre as marés atmosféricas, produzidas pela ação térmica do Sol sobre a atmosfera terrestre, e as

marés oceânicas, causadas pela ação gravitacional da Lua e do Sol. A atividade foi aplicada para estudantes do Ensino Médio, durante as aulas de Física, a partir de um roteiro didático que compõe o produto educacional desta dissertação. A partir do desenvolvimento da pesquisa demonstra que a automação da medida da pressão atmosférica através da aplicação de um projeto de instrumentação baseado no uso do Arduino libera os estudantes e o professor para aquilo que é o cerne de uma atividade experimental investigativa.

3. METODOLOGIA

Nesse capítulo vamos apresentar os objetivos da nossa pesquisa, assim como todo processo que atravessamos para o seu desenvolvimento. A partir dos objetivos, compreendemos que essa pesquisa se trata do tipo exploratória, pois é “realizado especialmente quando o tema escolhido é pouco explorado e torna-se difícil sobre ele formular hipóteses precisas e operacionalizáveis” (GIL, 2008, p.27).

Como procedimentos de coleta de dados utilizamos questionários e experimentos investigativos, de modo que os alunos respondessem a questões sobre a luz para mediante análise propor estratégias de ensino-aprendizagem.

3.1 OBJETIVO GERAL

Montar uma sequência didática e avaliar se a inserção de experimento de baixo custo com auxílio de microcontroladores modificam os modelos sobre natureza da luz para os estudantes de 3ª. Série do Ensino Médio.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Verificar a concepção dos alunos sobre a natureza da luz;
2. Descrever o conceito de dualidade, ondas eletromagnéticas, quantização de energia e fótons de luz a partir de situações problemas do cotidiano dos alunos por meio de aula expositiva dialogada;
3. Realizar uma atividade de Laboratório Aberto para medir a velocidade da luz a partir da radiação de micro-ondas;
4. Realizar um uma atividade de Laboratório Aberto para estudar a absorção e emissão de radiação por um corpo negro com uso de microcontrolador de baixo custo;
5. Realizar uma atividade de Laboratório Aberto para obter o valor da constante de Planck a partir da luz emitida por um LED (Light Emitting Diode) com uso de microcontrolador de baixo custo;

6. Realizar uma atividade de Laboratório Aberto para analisar a interação da radiação com a matéria, por meio do efeito fotoelétrico com uso de microcontrolador de baixo custo;
7. Caracterizar a aprendizagem significativa adquirida pelos os alunos da 3ª série do Ensino Médio a partir da utilização de recursos desenvolvidos e ou relacionados na proposta sobre a natureza da luz.

3.3 OS SUJEITOS DA PESQUISA

Realizamos este estudo em duas turmas de 3ª série do Ensino Médio Integrado da E.E.E.F.M. Benício Gonçalves da rede estadual pública de ensino no município Vila Velha - ES, totalizando 61 alunos. As turmas foram selecionadas de acordo com a disponibilidade e proposta curricular, pois entendemos que seria importante essa aproximação. Informamos aos alunos sobre os objetivos da pesquisa e procedimentos, explicitando qual seria a participação deles durante todo o processo. Após todas as informações serem passadas e as dúvidas sanadas, os alunos aceitaram participar da coleta de dados.

A amostra de estudantes consiste em 51% do sexo feminino e 49% do sexo masculino. A maioria desses estudantes, cerca de 82%, têm idades entre 15 e 17 anos. Cerca de 14% desses alunos foram reprovados em alguma série, sendo 72% destes reprovados no Ensino Fundamental e 28% no Ensino Médio.

Apenas 23% dos alunos afirmaram gostar de estudar a disciplina de Física. Aproximadamente 70% dos alunos não têm hora estabelecida de estudos em casa e 30% dedicam em média 1,0 hora por dia aos estudos.

A escola está localizada no Bairro Vale Encantado, em uma região considerada zona urbana e de vulnerabilidade social. Os alunos residem em Vale Encantado, Cobilândia, Jardim Marilândia, Jardim Botânico, Castelo Branco, Guaranhuns, Rio Marinho, Barramares, Darly Santos, Terra Vermelha, Jardim Carapina e Praia de Itapoã.

Cerca de 43% desses estudantes não usam meio de transporte para ir à escola. O restante, 37% utilizam ônibus e 20% usam bicicleta para se dirigir á escola. O tempo necessário para ir de casa para a escola depende do bairro onde o estudante reside e os meios de transporte utilizados. Cerca de 80% dos alunos necessitam de no máximo 20 minutos para chegar à escola.

Cerca de 60% dos pais de alunos estudaram até a 3ª Série do Ensino Médio e 40% do restante cursaram Ensino Superior. Muitos destes estudantes começam a trabalhar em paralelo com estudos, uma vez que eles precisam ajudar no sustento das suas famílias, que de modo geral passam por dificuldades econômicas. Cerca de 40% desses estudantes já realizaram algum tipo de trabalho remunerado e cerca de 30% participaram de algum trabalho voluntário.

Percebemos que 90% dos estudantes procuram alguma diversão no fim de semana e que 10% buscam nenhuma. Os programas de TV que esses estudantes mais gostam são: 14% deles gostam de desenhos animados, 22% preferem assistir a filmes e 26% novelas. Os 38% restantes estão divididos entre: noticiários, programas de auditórios, documentários e outros programas. Cerca de 70% desses estudantes já escolheram sua profissão, 24% não escolheram e 6% não pensaram sobre esse assunto.

Os professores de Física da escola também colaboraram conosco preenchendo um questionário do qual pudemos identificar um pouco do perfil dos professores de Física que atuam na rede estadual de ensino e sua percepção diante do trabalho com experimentos em sala de aula.

Este questionário (Apêndice H), foi respondido por oito professores de Física, destes quatro são da EEEFM Benício Gonçalves e os demais pertencem a outras escolas da rede.

Quanto à caracterização geral de educadores de Física que participaram da pesquisa, 87,5% trabalham na rede de pública de ensino e 12,5% na privada. Do total dos professores que responderam o questionário, 50%, fazem menos de quatro

anos que lecionam a disciplina Física e os outros, 50%, lecionam a mais de sete anos. Todos possuem o nível superior completo, sendo que 50% possuem a Licenciatura Plena em Física e os outros 50% em áreas afins. Em relação à Pós Graduação 12,5% afirma que pretendem cursar alguma e 87,5% cursou na área de educação.

Com relação às condições de trabalho, 100% dos professores afirmam que na escola em que trabalham não há recursos suficientes para as aulas experimentais. Para eles, as aulas experimentais contribuem para o aprendizado dos conteúdos desta disciplina por que:

• Fazem as aulas mais atraentes;
• Oportunizam uma noção muito mais rápida do conteúdo;
• Contribuem para que o aluno relacione os conceitos físicos com a prática vivenciada;
• Relaciona teoria e prática.

62,5% dos profissionais realizam atividades experimentais com os alunos e os outros 37,5% não realizam. As causas apontadas por eles são:

• Falta de material apropriado e equipamentos;
• Falta de preparação e tempo;
• Alunos sem base;
• Acomodação por parte do professor para uma abordagem somente teórica.

12,5% dos professores afirmam que o ensino de Física depende da existência de um laboratório na escola porque este facilita à compreensão dos fenômenos físicos, a fixação dos conceitos, a exploração de outros recursos de aprendizagem e a contribuição para uma formação de alunos mais críticos em relação à Física. Indicaram também facilitar a observação dos conceitos teóricos, permitindo uma aproximação real entre a teoria e a prática. Os outros professores, 87,5%, afirmam que o ensino de Física não depende da existência de um laboratório na escola porque, na própria sala de aula é possível a realização de experimentos simples, baratos e rápidos que dão significados aos conteúdos estudados.

12,5% dos professores afirmam que a formação continuada contribuiu pouco para

melhorar a instrução da Física porque faltam condições necessárias para se colocar em prática. Os outros afirmaram que as formações continuadas contribuíram muito para aprender novos caminhos que auxiliam na resolução e modificação de problemas pedagógicos, como exemplo a própria metodologia do ensino, deixando o professor mais atualizado. Estes afirmam que o planejamento participativo, aquele em que outros profissionais das diversas áreas também colaboram para o planejamento das aulas ou projetos, contribui para:

• Implementar o trabalho de desenvolvimento do professor de Física em conjunto com outras disciplinas;
• Permitir ao aluno relacionar o conteúdo estudado em várias disciplinas;
• Facilitar a realização de projetos interdisciplinares.

As estratégias utilizadas por esses professores na organização do seu planejamento nas aulas de Física são:

• 100% fazem conexões com dados/situações da vida cotidiana;
• 25% dizem trabalhar com pesquisa em jornais, revistas e na Internet;
• 50% utlizam filmes em suas aulas;
• 25% trabalham com textos integrados com outras disciplinas;
• 25% usam o trabalho em grupo e experimentação;
• 75% trabalham com problematização verbal de conceitos;
• 12,5% utilizam aula de campo.

.

Os tipos de problemas de Física que são trabalhados por estes educadores são:

• 100% trabalham com problemas qualitativos e gráficos;
• 25% com problemas experimentais;
• 75% utilizam problemas de enunciados fechados com os alunos;
• 50% utilizam problemas de enunciados abertos com os alunos.

As dificuldades encontradas por esses professores no trabalho com a disciplina de Física, junto aos seus alunos são as seguintes:

•100% dizem que os alunos não executam satisfatoriamente a interpretação do enunciado da situação problema;
•50% dizem que os alunos não identificam a operação a ser realizada, ao ler e interpretar os dados dos problemas;

•75% dizem que os alunos não organizam seu pensamento;
•100% apontaram que os alunos não dominam os conteúdos básicos da Matemática que são necessários para resolver a situação problema;
• 25% dizem que os alunos não sabem aplicar os conteúdos de Física.

Com base nesses dados inferimos que a utilização de experimentos para auxiliar na aprendizagem dos alunos ainda é uma metodologia pouco utilizada pelos professores. A ausência de laboratórios de Física e outros recursos que poderiam ajudar o professor em sua prática são elementos dificultadores para o trabalho do professor e os limitam a buscar novas práticas e métodos. Todavia entendemos que o fato de a escola não oferecer laboratórios e outros recursos didáticos não é impedimento para um trabalho que tenha significado para os alunos. Nossa pesquisa teve como base a utilização de materiais de baixo custo e que desmistifica a relação de qualidade imposta por recursos de maior custo tanto para o aluno quanto para a escola.

3.4 INSTRUMENTOS

Como instrumento de coleta de dados, utilizamos quatro experimentos (de baixo custo) de Laboratório Aberto realizados no Laboratório de Ciências. Para subsidiar a pesquisa utilizamos como recurso didático slides na execução da aula expositiva e dialogada, livros e artigos científicos, questionários, experimentos investigativos e ainda pré-teste e pós-teste para verificar o conhecimento dos alunos sobre o tema.

Nossos kits educacionais foram concebidos com paradigma de baixo custo. Buscamos ao máximo encontrar alternativa para minimizar o seu valor final. Alguns dos custos estão apresentados na Tabela 2 e se referem aos experimentos com uso de microcontroladores. Tais valores foram tomados como referência em Agosto de 2016, na cidade de Vitória, ES. Materiais como sucata de retroprojetor, latas de alumínio e tubo PVC, não foram contabilizados por serem provenientes de materiais recicláveis ou adquiridos por meio de doação.

Tabela 2 – Custos dos experimentos construídos para a sequência didática.

Experimentos com uso de microcontroladores	Material	Qtde	Valor unitário (R$)	Valor total (R$)
Kit Educacional 1	Sucata de retroprojetor	01	doação	Doação
	Lâmpada JC 300W/110V Iluminação Cine Focal Retroprojetor	02	8,50	17,00
	Latas de alumínio	02	doação	Doação
	Manta Asfáltica Auto Adesiva Aluminizada 1m x 1m	01	3,00	3,00
	Arduino Uno Rev3 R3 Atmega328	01	25,80	25,80
	Fonte Carregador 2A/5V	01	7,85	7,85
	Protoboard 400 Furos	01	10,89	10,89
	Ventoinha 5V usada - Fan Cooler – 40mm x 40mm x 10mm Cabo USB	01	9,50	9,50
	LCD1 6 X 2 Módulo Verde Arduino	01	10,9	10,9
Kit Educacional 2	Cronômetro Progressivo Digital com Relógio	01	7,90	7,90
	Potenciômetro 10KA Log - Eixo L20 Estriado	01	1,20	1,20
	Placa de Fenolite Cobreado 10cm x 15cm para Circuito Impresso	01	3,95	3,95
	Led 3 mm Branco Transparente Auto Brilho 3V Arduino	04	1,20	4,80
	Chave Liga Desliga Botão Interruptor	04	1,30	5,20
	Sensor de Tensão (voltagem) 0-25 VDC Arduino	01	7,97	7,97
	Arduino Nano 3.0 V Rev3 Atmega 328	01	21,5	21,5
	Caixa para 4 Pilhas AA para Arduino	01	6,89	6,89
	Potenciômetro 10kA Log - Eixo L20 Estriado	01	1,20	1,20
	Resistor CR25 1/4 W	01	0,60	0,60
Kit Educacional 3	Arduino Nano 3.0V Rev3 Atmega 328	01	21,50	21,50
	Módulo Sensor de Luz e Luminosidade LDR para Arduino	01	7,90	7,90
	Tubo PVC	01	doação	Doação
		Custo total (R$)		175,55

Fonte: Elaborada pelo autor

A tabela 2 mostra que os Kits Educacionais desenvolvidos em nosso trabalho para a realização dos experimentos com uso de microcontroladores pode ser adquido pela escola por um baixo custo.

3.4.1 As atividades investigativas

O delineamento dessa pesquisa teve como referência metodológica a abordagem de Laboratório Aberto apresentado por Azevedo (2004). Essa perspectiva de ensino por investigação está diretamente relacionada à estruturação das atividades propostas e aos graus de abertura dos problemas.

Assim, **Laboratório Aberto** se define segundo Azevedo (2004) como uma atividade investigativa que se inicia com um problema e a partir dele busca-se a solução que será dada por uma experiência.

Desse modo, partindo de uma situação-problema precisamos caracterizar o grau de abertura na atividade investigativa proposta. Nessa lógica, pautados nas considerações de Borges (2002) e Carvalho (2011), identificamos o grau de liberdade intelectual em que o aluno se encontra.

De acordo com a proposição de Borges (2002) temos caracterizados quatro níveis para uma atividade investigativa que se apresenta conforme a tabela abaixo:

Tabela 3 – Níveis de investigação no Laboratório de Ciências.

NÍVEL DE INVESTIGAÇÃO	PROBLEMAS	PROCEDIMENTOS	CONCLUSÕES
Nível 0	Dados	Dados	Dados
Nível 1	Dados	Dados	Em aberto
Nível 2	Dados	Em aberto	Em aberto
Nível 3	Em aberto	Em aberto	Em aberto

Fonte: Borges (2002, p.306).

De forma semelhante à tabela apresentada por Borges (2002), Carvalho (2011) desenvolve uma classificação de níveis dos graus de liberdade intelectual para os alunos (A) por meio do nível de abertura proposto pelo professor (P).

Tabela 4 – Graus de liberdade do professor/aluno em aulas de laboratório.

	GRAU I	GRAU II	GRAU III	GRAU IV	GRAU V
Problema	P	P	P	P	A
Hipóteses	P	P	P	A	A
Plano de Trabalho	P	P	A	A	A
Obtenção de dados	A	A	A	A	A
Conclusões	P	A	A	A	A

Fonte: Carvalho (2011, p.55)

Nessa perspectiva, nossa pesquisa desenvolveu as atividades investigativas fundadas nas contribuições de Azevedo (2004), Borges (2002) e Carvalho (2011) que apresentou características distintas e graus de abertura e de liberdade que podem ser classificados no nível 2 de Borges(2002) e do grau IV de Carvalho (2011).

3.5 O LUGAR DA PESQUISA

Realizamos a pesquisa em uma escola da rede pública do município de Vila Velha – ES por causa do vínculo do pesquisador que atua nessa unidade de ensino. O conhecimento do cotidiano escolar e suas especificidades favorecem a pesquisa, de modo que os imprevistos naturais e recorrentes de toda escola são controláveis. Outro fator relevante é a possibilidade de socialização com outros docentes, que acompanhado o nosso trabalho se sentiram motivados a também desenvolver projetos em sua área de conhecimento.

A escola, no que tange o seu espaço físico e seus recursos pedagógicos, apresenta as características a seguir:

- ✓ Não existe Laboratório de Física;
- ✓ Possui Laboratório de Ciências, porém com poucos recursos;
- ✓ As atividades docentes que envolvem práticas e experimentos acontecem em sala de aula e no Laboratório de Ciências;
- ✓ A disciplina de Física possui carga horária de 2 horas-aulas semanais;

- ✓ Existe um Laboratório de Informática (LIED) em bom estado de funcionamento.

3.6 RECURSOS E EQUIPAMENTOS

Projetor de imagens;
01 forno de micro-ondas;
01 prato para micro-ondas;
Papel para fax;
Réguas com escala milimetrada;
Experimentos com uso de microcontroladores: Kit Educacional 1, Kit Educacional 2 e Kit Educacional 3.

3.7 O DESENVOLVIMETNO DA PESQUISA

Nossa pesquisa aconteceu, quase que exclusivamente no Laboratório de Ciências da própria escola durante as aulas previstas de Física. Deste modo, nem os alunos e nem a escola sofreram modificações em suas rotinas diárias. Além disso, informamos aos alunos que a pesquisa estava dividida em sete etapas/estágios que convergem com os nossos objetivos e que a participação da turma não implicaria em atribuição de notas. Assim as etapas do estudo foram realizadas da seguinte forma:

Estágio 1 – Questionário prévio (Pré-Teste)

Nesse primeiro momento, identificamos o nível de conhecimento que os alunos possuíam sobre o tema, o conhecimento prévio. Aplicamos um questionário (ver Apêndice B) com uma questão dissertativa em que o aluno respondeu a seguinte questão: “O que é Luz?” O pré-teste foi respondido individualmente e não houve interferência do aplicador. Os recursos utilizados foram: folha impressa com o questionário; caneta ou lápis; borracha. Os 61 alunos participaram e o tempo gasto foi de 55 min. Esse estágio corresponde ao nosso objetivo 01. O pré-teste foi elaborado considerando o trabalho de Coelho (2010).

Estágio 2 – Aula expositiva dialogada

Nesse estágio, apresentamos aos alunos do Ensino Médio Integrado os conceitos físicos importantes para a compreensão de conteúdos como o da dualidade, ondas eletromagnéticas, quantização de energia e fótons de luz, utilizando uma abordagem quântica. Para isto, ministramos duas aulas expositivas dialogadas cada uma com duração de 55 minutos. Abordamos os conteúdos mencionados de maneira a evidenciar os conhecimentos físicos presentes e integrantes na modernidade que fazem parte do cotidiano da sociedade moderna. Utilizamos *slides* como recurso auxiliar de modo que alcançássemos o nosso objetivo 02.

Estágio 3 – Atividade de Laboratório Aberto: A velocidade da luz

Utilizamos como recurso forno de micro-ondas, prato para micro-ondas, papel para fax e réguas com escala milimetrada para medir a velocidade da luz a partir da radiação de micro-ondas. Produzimos previamente um roteiro baseado nas contribuições da disciplina de Laboratório de Física Moderna elaborado pela professora Lima (2012) para subsidiar a aplicação do experimento. O roteiro está descrito no Apêndice C.

Azevedo (2004) classifica esse roteiro como um Laboratório Aberto, pois, segundo o autor, é uma atividade realizada a partir de um roteiro entregue em mãos para um grupo de alunos sobre o qual realizarão parte da apresentação de um problema ou de um fenômeno a ser estudado e levam à investigação desse fenômeno.

No decorrer da aula foi solicitado aos alunos que medissem a distância entre dois máximos consecutivos de uma onda e anotassem os valores em uma tabela. Esse procedimento foi repetido 5 vezes. Cada tentativa, substituímos os pedaços de papel de fax. Os alunos, a partir dos dados coletados, calcularam o valor médio e o desvio padrão da medida usando a equação $c = \lambda.\nu$. Fundamentados, encontraram o melhor valor para a velocidade de propagação da radiação micro-onda e compararam com o valor teórico (exato) encontrado nos principais referenciais bibliográficos sobre o tema. Como forma de acompanhar o processo de

aprendizagem dos alunos solicitamos um relatório dessa atividade investigativa desenvolvido na forma de um texto dissertativo para comunicar como o conhecimento foi produzido na atividade. Esse estágio abrange o nosso objetivo 3.

Estágio 4 – Atividade de Laboratório Aberto (Kit Educacional 1) que visa estudar a absorção e emissão de radiação por um corpo negro com uso de microcontrolador de baixo custo

Com o intuito de cumprir o nosso objetivo 4, nesse estágio utilizamos como recurso didático um experimento envolvendo retroprojetor, duas latas de alumínio de tamanhos iguais (uma lata pintada com tinta branca e a outra com tinta preta), sensor de temperatura (LM35), lâmpada incandescente (300W) e cronômetro digital (Stopwatch – ZSD-808). Objetivo foi estudar a absorção de radiação por dois objetos de cores diferentes para exemplificar a teoria da radiação térmica. Esse experimento seguiu como modelo o roteiro elaborado por Lima (2012) e classificado por Azevedo (2004) conforme explicitado no Estágio 3. Desse modo, solicitamos aos alunos que anotassem seus dados em uma tabela. Em seguida, eles fizeram o gráfico de Temperatura em função do Tempo e obtiveram a taxa de variação da temperatura para as duas latas. Nesse momento foi solicitado o texto dissertativo conforme Estágio 3. O roteiro está descrito no Apêndice D.

Estágio 5 – Atividade de Laboratório Aberto (Kit Educacional 2) que visa obter o valor da constante de Planck a partir da luz emitida por um LED (Light Emitting Diode) com uso de microcontrolador de baixo custo

Para realizar esse estágio, que vai ao encontro do nosso objetivo 5, utilizamos como recurso didático um experimento envolvendo LEDs de 4 cores diferentes, resistor de 330Ω, pilha de 6V, potenciômetro, fios para o arranjo experimental e microcontrolador de baixo custo (sensor de luz). Mais uma vez, subsidiando nossa pesquisa, nos apropriamos do roteiro adaptado baseado nas contribuições de Lima (2012) e Azevedo (2004) já mencionado no estágio 3 e descrito no Apêndice D. Os alunos precisavam conhecer o comprimento de onda e a frequência de cada LED. Logo, solicitamos aos alunos para variar o potenciômetro até o LED apagar. Em seguida, eles anotaram o valor limiar da diferença de potencial medida pelo

microcontrolador quando o LED começa a acender. O procedimento foi repetido 5 vezes, anotando-se os valores de V_{limiar}. Por fim os alunos fizeram um gráfico em papel milimetrado do valor médio de V_{limiar} em função da frequência. O mesmo procedimento foi realizado com todos os LEDs. Novamente usamos o texto dissertativo como forma de avaliar qualitativamente a produção do conhecimento posto pela atividade.

Estágio 6 – Atividade de Laboratório Aberto (Kit Educacional 3) que visa analisar a interação da radiação com a matéria, por meio do efeito fotoelétrico com uso de microcontrolador de baixo custo

Nesse estágio, focamos o nosso objetivo 6, utilizando como recurso didático um experimento envolvendo LDR[1] (*Light Dependent Resistor*), cartolina preta, fios para o arranjo experimental e microcontrolador de baixo custo (sensor de luz). Também com base em Lima (2012) e Azevedo (2004), utilizamos o roteiro mencionado no Estágio 3.

Os alunos fizeram um tubo de cartolina preta com diâmetro idêntico ao LDR, que foi colocado dentro do tubo. No outro lado do tubo aproximou-se uma lâmpada incandescente. Com auxílio do microcontrolador, os alunos mediram a voltagem. Em seguida eles organizaram os valores numa tabela. Depois, os educandos cobriram a entrada de luz do tubo com um pedaço de papel preto e observaram o valor medido com o uso do microcontrolador. Anotaram os valores e repetiram as medidas 5 vezes, tomando o valor médio da tensão. Obtiveram o desvio padrão de suas medidas. Dobraram o papel por duas vezes ao meio e repetiram o procedimento anterior. A atividade solicitada, mais uma vez foi um texto dissertativo segundo Estágio 03. O roteiro está descrito no Apêndice E.

[1] O LDR (Light Dependent Resistor), também chamado de célula, foto-condutiva, ou ainda de foto-resistência. O LDR é um dispositivo semicondutor de dois terminais, cuja resistência varia linearmente com a intensidade de luz incidente. Disponível em: <http://www.ifi.unicamp.br/~lunazzi/F530_F590_F690_F809_F895/F809/F809_sem2_2005/LeandroP_Mauro_F809_RF2.pdf>. Acesso em 08 Set 2016.

Estágio 7 – Questionário Final (Pós-teste)

Aqui os participantes responderam individualmente a um questionário pós-teste (Apêndice F) impresso sobre o conteúdo de Física “Natureza da Luz” que estudamos no decorrer dos estágios de 1 a 6. Num segundo momento, eles também responderam a um questionário de opinião (Apêndice G) de modo que pudessem relatar a aceitação ou não da sequência didática no qual deixariam suas impressões, críticas e sugestões. Não houve nenhuma interferência do aplicador nas respostas dos alunos. Esse Estágio atendeu ao proposto em nosso objetivo 07.

4. RESULTADOS

4.1 Descrição da aplicação e avaliação

Todos os dados coletados puderam sustentar nossa análise qualitativa tendo em vista a compreensão dos experimentos investigativos sobre a “Natureza da Luz” que conduziram essa pesquisa. O pré-teste serviu como referência para a elaboração da sequência didática e como um dos critérios para a escolha dos experimentos. A validação do material produzido sobre a “Natureza da Luz” no conteúdo de Física Moderna do Ensino Médio se deu a partir do pós-teste.

4.2 O RESULTADO DO PRÉ-TESTE

No primeiro momento averiguamos quais eram os conhecimentos prévios dos alunos a respeito da natureza da luz. Os alunos apresentaram respostas diversificadas. Assim, propusemos um agrupamento daquelas respostas.

Nossa categorização é aquela descrita por Coelho (2010) que consiste em um sistema categórico de modelos e submodelos sobre a natureza da luz e suas características. Coelho (2010) sobre os instrumentos de acesso ao entendimento dos alunos sobre a natureza da luz afirma que “permite elicitar o entendimento dos estudantes através de modelos que eles utilizam em suas explicações” assim definindo que “o instrumento consiste em uma tarefa envolvendo uma dissertação sobre uma situação física” (2010, p.70). Segue o quadro de categorização elaborada por Coelho (2010):

Quadro 1 – Modelos e submodelos sobre natureza da luz e suas características

	Características
Modelo 1	**Modelo primitivo**
Modelo 1.1	Os estudantes apresentam suas ideias de uma forma pouco inteligível. Alguns não reconhecem a luz como entidade física, mas se referem a ela como uma substância ou "alguma coisa" que é emitida por uma fonte luminosa. Os estudantes fazem distinção entre as diferentes formas de manifestação da luz, como, por exemplo, "luz ambiente" e "luz elétrica". Nesta categoria, também foram incluídas as respostas nas quais os estudantes associam a luz solar a processos vitais.
Modelo 1.2	Os estudantes, ao explicitarem suas ideias, admitem que a luz é constituída de raios ou de ondas. Nessa perspectiva, essas representações, que são utilizadas para falar da luz, são interpretadas como simples cópias da realidade. Alguns estudantes, ao se referirem à onda, associam a forma de propagação no meio a uma perturbação ondulatória produzida em uma corda.
Modelo 1.3	Os estudantes referem-se às propriedades da luz (propagação retilínea, velocidade de 300.000 Km/s) ou citam alguns fenômenos (interferência, reflexão, difração, transmissão, dispersão da luz branca). Foram incluídas, nessa categoria, as respostas nas quais os estudantes focaram no processo de emissão da luz.
Modelo 2	**Luz como partícula ou luz como onda**
Modelo 2.1	Nesta categoria foram incluídas as respostas dos estudantes que reconhecem a luz como se fosse constituída de partículas. No entanto, esse modelo corpuscular não utiliza a hipótese dos fótons proposta por Einstein.
Modelo 2.2	Nesta categoria foram incluídas as respostas dos estudantes que definem a luz lançando mão do modelo ondulatório. Entretanto, esse modelo ondulatório não é o idealizado pela teoria eletromagnética proposto por Maxwell.
Modelo 3	**Variações dos modelos eletromagnético, corpuscular ou dual da luz**
Modelo 3.1	Os estudantes lançam mão dos modelos científicos (modelo ondulatório eletromagnético, o corpuscular com a hipótese do fóton ou modelo dual) para falar sobre a luz, mas as suas respostas apresentam elementos de erro ou se apresentam de maneira incompleta em relação às dimensões desses modelos.
Modelo 3.2	Ao expressarem o seu entendimento sobre o comportamento dual da luz, os estudantes não conseguem reconhecer a distinção entre os modelos ondulatório e corpuscular, sendo estes vistos como um só. Eles apresentam "modelos híbridos" da luz, associando simultaneamente elementos dos dois modelos.
Modelo 4	**Luz como onda eletromagnética ou constituída por fótons**
Modelo 4.1	Os estudantes lançam mão do modelo ondulatório eletromagnético idealizado por Maxwell no final do século XIX para falar da luz.
Modelo 4.2	Os estudantes lançam mão do modelo corpuscular, com a hipótese do quantum de energia, que foi idealizado por Einstein no início do século XX e utilizado por ele para explicar o efeito fotoelétrico.
Modelo 5	**Luz apresentando um comportamento dualístico**
	Os estudantes reconhecem que a luz pode se comportar de duas formas diferentes. Nessa perspectiva, eles admitem a existência de duas teorias que explicam o comportamento da luz. Comportamentos esses que, em algumas circunstâncias é explicado pelo modelo ondulatório eletromagnético e modelo corpuscular com a hipótese do fóton.

Fonte: Coelho (2010)

Nossos resultados mostraram que do total de 61 alunos, 60 encontravam-se no Modelo 1 e 1 (um) classificado no Modelo 2. Isso demonstra que os alunos do Ensino Médio da escola investigada apresentam um conceito primitivo da natureza da luz. Ressaltamos que esse conceito é posto pelo currículo da rede Estadual como conteúdo a ser trabalhado, dentro de Física Moderna, no segundo ano do Ensino Médio. Assim, nosso levantamento identificou que há uma necessidade de formação continuada para os professores de Física ou de um material de apoio que colabore para a efetivação do conteúdo para os alunos que aborde Física Moderna, mais especificamente sobre o comportamento dual da luz.

Para intervir neste resultado, aplicamos uma sequência didática a fim de modificar as concepções dos alunos acerca da natureza da luz. Na próxima seção encontram-se os resultados após a aplicação da sequência didática.

4.3 AVALIAÇÃO DA APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA EM SALA DE AULA

4.3.1 Análise das respostas dadas nos relatórios propostos nos roteiros

Pretendemos agora demonstrar como as atividades de investigação foram analisadas a partir do plano experimental dos alunos por meio de uma categorização e classificação da qualidade das suas produções, além do domínio conceitual que os alunos apresentaram ao executar a atividade proposta. Então, como saber se atividade experimental atingiu seu objetivo?

Utilizamos como referência para a análise dos planos a categorização apresentada por Ambrózio (2014). Essa categorização elenca alguns critérios tendo em vista a qualidade do material produzido pelos alunos. A partir desses critérios os planos são divididos em 3 categorias:

Quadro 2 – Planos de Categorização

Plano Incipiente (I)	apresenta um plano com linguagem coerente à escrita de um trabalho escolar, mas não definem claramente os objetivos da atividade, além disso, atendem parcialmente aos requisitos propostos pela tarefa
Plano Satisfatório (S)	apresenta um plano com linguagem coerente à escrita de um trabalho escolar, definem claramente os objetivos da atividade e atendem parcialmente aos requisitos propostos pela tarefa (especificaram quais foram seus objetivos, apresentaram as hipóteses, como iriam manipular a simulação/experimento, avaliam seus resultados no sentido de confirmar ou refutar suas hipóteses, apresentam as conclusões fundamentadas nas interpretações/análises dos dados coletados).
Plano Bom (B)	apresenta um plano com linguagem coerente à escrita de um trabalho escolar, definem claramente os objetivos da atividade e atendem aos requisitos propostos na atividade (especificaram quais foram seus objetivos, apresentaram as hipóteses, como iriam manipular a simulação, avaliam seus resultados no sentido de confirmar ou refutar suas hipóteses, apresentam as conclusões fundamentadas nas interpretações/análises dos dados, além disso, explicitam as ações referentes a mudanças no projeto inicial referente à reformulação das hipóteses e/ou do desenho metodológico adotado).

Fonte: elaborada pelo autor com base nas contribuições de Ambrózio (2014, p. 50). Disponível em<http://portais4.ufes.br/posgrad/teses/tese_7810_Rosa%20Maria%20Ambr%F3zio%20Disserta%E7%E3o.pdf>.: Acesso em 17 nov 2016.

Com este critério foi possível classificar os resultados das anotações dos alunos após cada experimento. Para cada atividade experimental organizamos os resultados como expostos nas tabelas a seguir.

Tabela 5 – Qualidade dos planos no experimento 01 “A Velocidade da Luz”.

Qualidade dos planos: A Velocidade da Luz.										
Turmas	3MI 01					3MI 02				
Grupos	G1	G2	G3	G4	G5	G1	G2	G3	G4	G5
Categoria	B	B	I	S	S	B	B	S	I	S

Tabela 6 – Qualidade dos planos no experimento 02 “A Radiação de Corpo Negro”.

Qualidade dos planos: A Radiação de Corpo Negro.		
Turmas	3MI 01	3MI 02

Grupos	G1	G2	G3	G4	G5	G1	G2	G3	G4	G5
Categoria	B	B	S	S	S	B	B	S	I	S

Tabela 7 – Qualidade dos planos no experimento 03 “Medida da Constante de Planck”.

Qualidade dos planos: Medida da Constante de Planck.										
Turmas	3MI 01					3MI 02				
Grupos	G1	G2	G3	G4	G5	G1	G2	G3	G4	G5
Categoria	B	B	S	S	S	B	B	S	S	S

Tabela 8 – Qualidade dos planos no experimento 04 “O Efeito Fotoelétrico”.

Qualidade dos planos: O Efeito Fotoelétrico										
Turmas	3MI 01					3MI 02				
Grupos	G1	G2	G3	G4	G5	G1	G2	G3	G4	G5
Categoria	B	B	S	S	S	B	B	S	S	S

Considerando as tabelas 5 a 8 identificamos, quanto a qualidade dos planos, que a maioria dos grupos apresentam classificação em satisfatório (S) no que tange os planos de investigação estabelecidos para os experimentos sobre a Velocidade da Luz, a Radiação de Corpo Negro, Medida da Constante de Planck e o Efeito Fotoelétrico. Dentre os dez grupos participantes, apenas dois grupos apresentaram desempenhos classificados como incipientes (I) para o plano de investigação do experimento sobre a Velocidade da Luz, sendo que deles 01(um) também apresenta essa classificação para o plano de investigação do experimento sobre a Radiação de Corpo Negro. Isto sugere que tais grupos de alunos demonstram não apresentarem muito interesse pelas aulas de Física e que esses primeiros encontros não foram suficientes para modificar essa sua relação com a disciplina.

Os grupos que tiveram seus planos classificados como bons (B) são compostos por alunos que apresentavam bom desempenho na disciplina de Física demonstrando pouca dificuldade em executar seus planos de investigação, embora tenha sido uma proposta inovadora para eles.

Após a categorização descrita o quadro 2, analisamos os planos com base nos aspectos de dimensão conceitual que os alunos utilizaram para a resolução das atividades investigativas. Nesse momento avaliamos se a resposta elaborada pelos estudantes encontrava-se de acordo com os conceitos físicos aceitos na comunidade acadêmica. Para fazer a classificação, utilizamos o trabalho de Ambrózio (2014). Assim, consideramos três tipos de respostas conforme aquele autor:

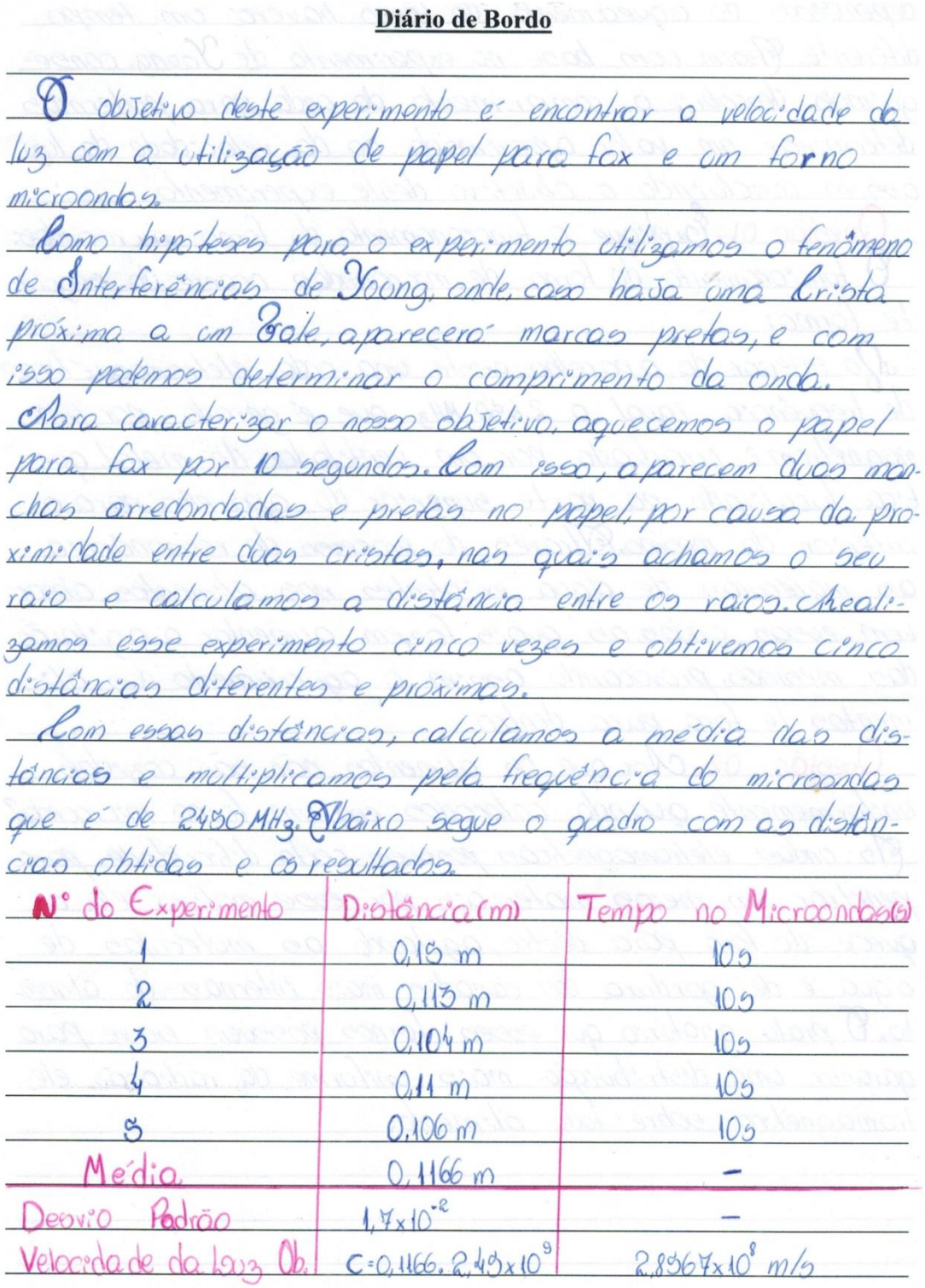
Quadro 3 – Classificação por Tipo de Resposta**.**

Resposta Correta (C)	os estudantes utilizam conceitos corretos do ponto de vista científico escolar, mesmo que escrito de forma coloquial.
Resposta Parcialmente Correta (P)	esta é a situação em que a resposta dos estudantes está incompleta, ou em partes incorreta do ponto de vista científico escolar.
Resposta Incorreta (I)	nesta situação a resposta dos estudantes estavam completamente equivocadas do ponto de vista científico escolar.

Fonte: elaborada pelo autor com base nas contribuições de Ambrózio (2014, p. 51). Disponível em<http://portais4.ufes.br/posgrad/teses/tese_7810_Rosa%20Maria%20Ambr%F3zio%20Disserta%E7%E3o.pdf>.: Acesso em 17 nov 2016.

Isto nos permitiu verificar a qualidade dos planos, a quantidade de grupos de alunos que mais se aproximaram de uma resposta correta e ainda a qualidade de suas respostas ao demonstrarem soluções para os problemas que se aproximavam dos conceitos corretos segundo o ponto de vista científico escolar, conforme podemos verificar nos exemplos dados nas figuras de 01 a 03 abaixo dos experimentos 01 e 04 nos planos de trabalho realizados pelos alunos, assim como os resultados que estão dispostos nas tabelas de 9 a 12.

Figura 01: Exemplo de plano de trabalho elaborado por um grupo de alunos para o experimento 01



Diário de Bordo

O objetivo deste experimento é encontrar a velocidade da luz com a utilização de papel para fax e um forno microondas.

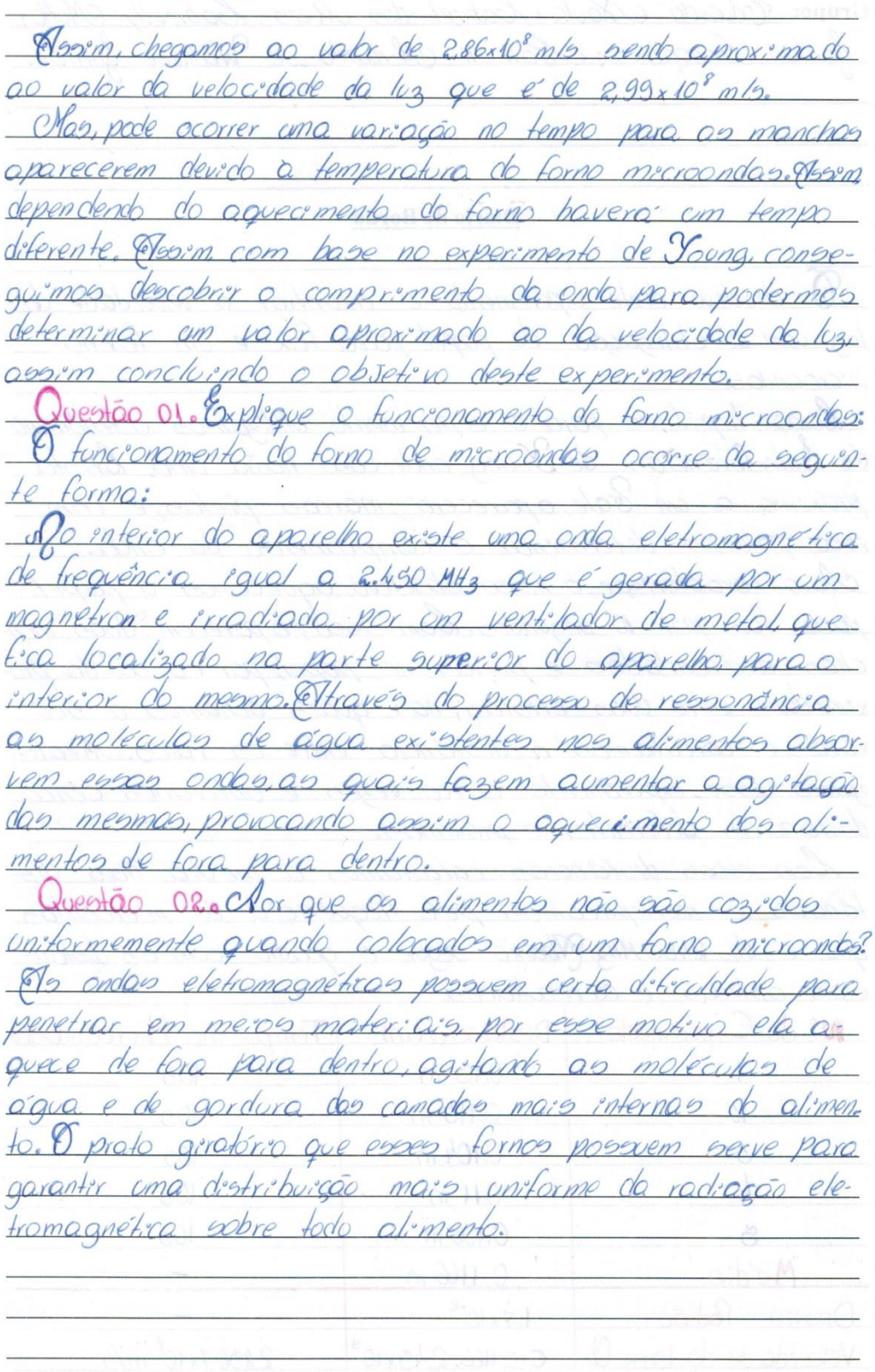
Como hipóteses para o experimento utilizamos o fenômeno de Interferências de Young, onde, caso haja uma Crista próxima a um Vale, aparecerá marcas pretas, e com isso podemos determinar o comprimento da onda.

Para caracterizar o nosso objetivo, aquecemos o papel para fax por 10 segundos. Com isso, aparecem duas manchas arredondadas e pretas no papel, por causa da proximidade entre duas cristas, nas quais achamos o seu raio e calculamos a distância entre os raios. Realizamos esse experimento cinco vezes e obtivemos cinco distâncias diferentes e próximas.

Com essas distâncias, calculamos a média das distâncias e multiplicamos pela frequência do microondas que é de 2450 MHz. Abaixo segue o quadro com as distâncias obtidas e os resultados.

Nº do Experimento	Distância (m)	Tempo no Microondas (s)
1	0,15 m	10s
2	0,113 m	10s
3	0,104 m	10s
4	0,11 m	10s
5	0,106 m	10s
Média	0,1166 m	–
Desvio Padrão	$1,7 \times 10^{-2}$	–
Velocidade da luz Ob.	$C = 0,1166 . 2,45 \times 10^{9}$	$2,8567 \times 10^{8}$ m/s

Figura 02: Exemplo de plano de trabalho elaborado por um Grupo de alunos para o experimento 01 (continuação figura 01)



Assim, chegamos ao valor de $2,86 \times 10^8$ m/s sendo aproximado ao valor da velocidade da luz que é de $2,99 \times 10^8$ m/s.

Mas, pode ocorrer uma variação no tempo para as manchas aparecerem devido a temperatura do forno microondas. Assim dependendo do aquecimento do forno haverá um tempo diferente. Assim com base no experimento de Young, conseguimos descobrir o comprimento da onda para podermos determinar um valor aproximado ao da velocidade da luz, assim concluindo o objetivo deste experimento.

Questão 01. Explique o funcionamento do forno microondas:

O funcionamento do forno de microondas ocorre da seguinte forma:

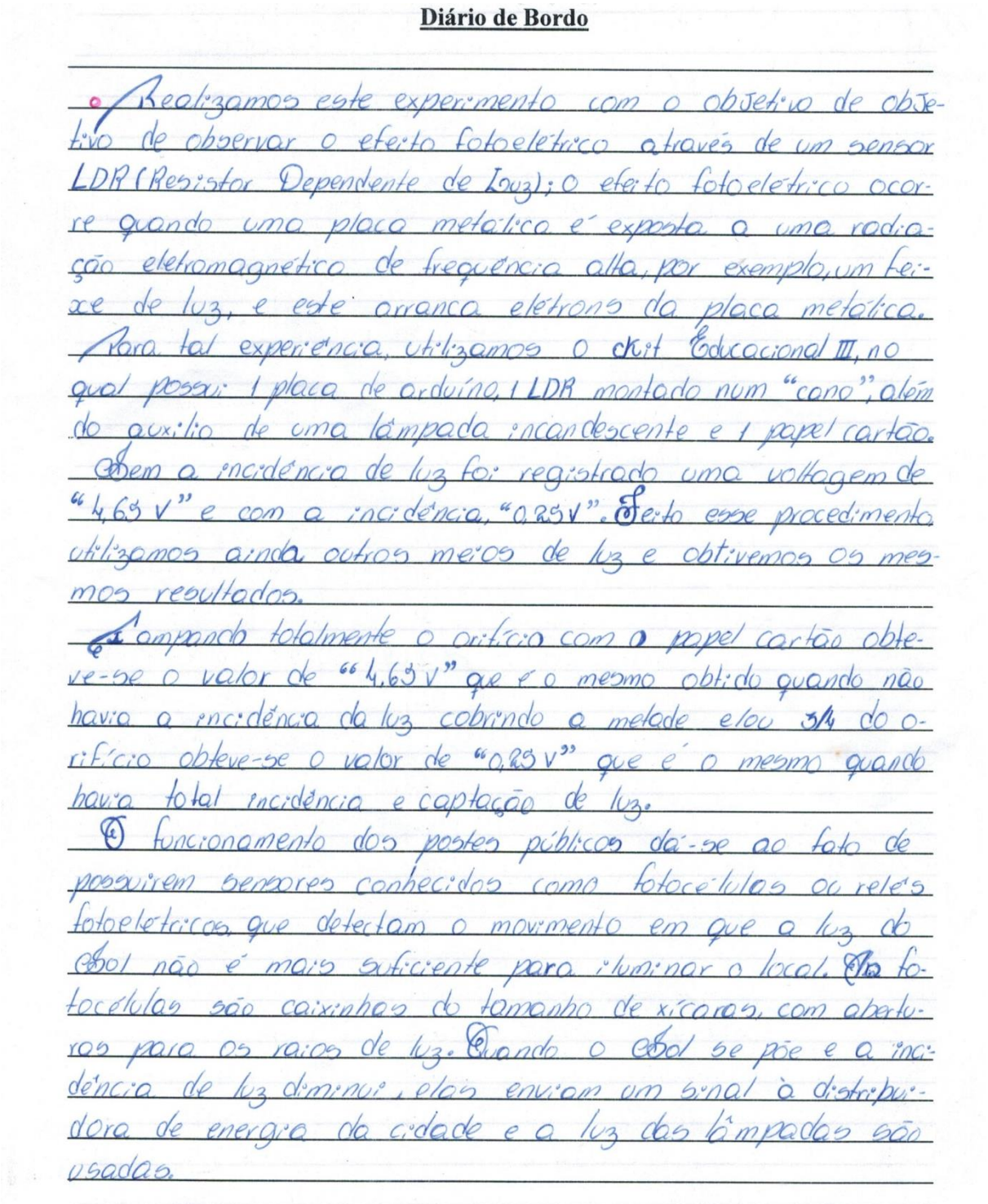
No interior do aparelho existe uma onda eletromagnética de frequência igual a 2.450 MHz que é gerada por um magnetron e irradiado por um ventilador de metal que fica localizado na parte superior do aparelho para o interior do mesmo. Através do processo de ressonância as moléculas de água existentes nos alimentos absorvem essas ondas, as quais fazem aumentar a agitação das mesmas, provocando assim o aquecimento dos alimentos de fora para dentro.

Questão 02. Por que os alimentos não são cozidos uniformemente quando colocados em um forno microondas?

As ondas eletromagnéticas possuem certa dificuldade para penetrar em meios materiais, por esse motivo ela aquece de fora para dentro, agitando as moléculas de água e de gordura das camadas mais internas do alimento. O prato giratório que esses fornos possuem serve para garantir uma distribuição mais uniforme da radiação eletromagnética sobre todo alimento.

]

Figura 03: Exemplo de plano de trabalho elaborado por um Grupo de alunos para o Experimento 04



Diário de Bordo

Realizamos este experimento com o objetivo de objetivo de observar o efeito fotoelétrico através de um sensor LDR (Resistor Dependente de Luz); o efeito fotoelétrico ocorre quando uma placa metálica é exposta a uma radiação eletromagnética de frequência alta, por exemplo, um feixe de luz, e este arranca elétrons da placa metálica.

Para tal experiência, utilizamos o Kit Educacional III, no qual possui 1 placa de arduíno, 1 LDR montado num "cano", além do auxílio de uma lâmpada incandescente e 1 papel cartão.

Sem a incidência de luz foi registrado uma voltagem de "4,69 V" e com a incidência, "0,25V". Feito esse procedimento utilizamos ainda outros meios de luz e obtivemos os mesmos resultados.

Tampando totalmente o orifício com o papel cartão obteve-se o valor de "4,69 V" que é o mesmo obtido quando não havia a incidência da luz cobrindo a metade e/ou 3/4 do orifício obteve-se o valor de "0,25 V" que é o mesmo quando havia total incidência e captação de luz.

O funcionamento dos postes públicos dá-se ao fato de possuírem sensores conhecidos como fotocélulas ou relés fotoelétricos, que detectam o movimento em que a luz do sol não é mais suficiente para iluminar o local. As fotocélulas são caixinhas do tamanho de xícaras, com aberturas para os raios de luz. Quando o sol se põe e a incidência de luz diminui, elas enviam um sinal à distribuidora de energia da cidade e a luz das lâmpadas são usadas.

A análise também nos permitiu identificar a importância do papel do professor em todas as séries pelas quais os alunos aprendem a disciplina de Física. A carência de

alguns conhecimentos elementares, como por exemplo, o que é luz, e a ausência de vivências de práticas investigativas e ou experimentais de cunho científico também foi um limitador durante todo o desenvolvimento dessa pesquisa.

Tabela 9 – Solução do Problema do Experimento 01 “ A Velocidade da Luz”.

Solução do Problema: A Velocidade da Luz.										
Turmas	3MI 01					3MI 02				
Grupos	G1	G2	G3	G4	G5	G1	G2	G3	G4	G5
Categoria	C	C	P	C	C	C	C	C	P	C

Tabela 10 – Solução do problema do experimento 02 “A Radiação de Corpo Negro”.

Solução do Problema: A Radiação de Corpo Negro.										
Turmas	3MI 01					3MI 02				
Grupos	G1	G2	G3	G4	G5	G1	G2	G3	G4	G5
Categoria	C	C	C	P	C	C	C	P	P	C

Tabela 11 – Solução do problema do experimento 03 “Medida da Constante de Planck”.

Solução do Problema: Medida da Constante de Planck.										
Turmas	3MI 01					3MI 02				
Grupos	G1	G2	G3	G4	G5	G1	G2	G3	G4	G5
Categoria	C	C	C	P	C	C	C	P	P	C

Tabela 12 – Solução do problema do experimento 04 “O Efeito Fotoelétrico”.

Solução do Problema: O Efeito Fotoelétrico.										
Turmas	3MI 01					3MI 02				
Grupos	G1	G2	G3	G4	G5	G1	G2	G3	G4	G5
Categoria	C	C	C	P	P	C	C	P	P	P

Com base nas respostas observamos que 67,5 % dos grupos apresentaram respostas corretas (C). Em nossa opinião, a metodologia utilizada favoreceu o desenvolvimento da aprendizagem significativa, ou seja, permitiu aos alunos compreender os conceitos dos fenômenos estudados. Também temos 32,5% dos grupos apresentando respostas parcialmente corretas (P), que segundo Ambrózio (2014) indica que quando o aluno apresenta essa classificação ele ainda não tem consolidado os conceitos físicos, porém, suas respostas são apenas incompletas, o que em outras palavras significa que esse aluno ainda está em processo de conhecimento. Esse processo torna-se completo, segundo as teorias Vygotskyanas quando o aluno avança em sua zona de desenvolvimento proximal e passa para uma nova etapa, ou um novo conhecimento.

Portanto, nesse processo, ainda considerando as contribuições de Vygotsky, também percebemos como a mediação do professor no processo de desenvolvimento do conhecimento científico para os alunos é fundamental, pois é na relação aluno x disciplina, mediada pelo professor, que instiga e provoca o aluno a buscar novos conhecimentos é que a aprendizagem significativa pode ocorrer.

4.3.2 Resultados pós-teste

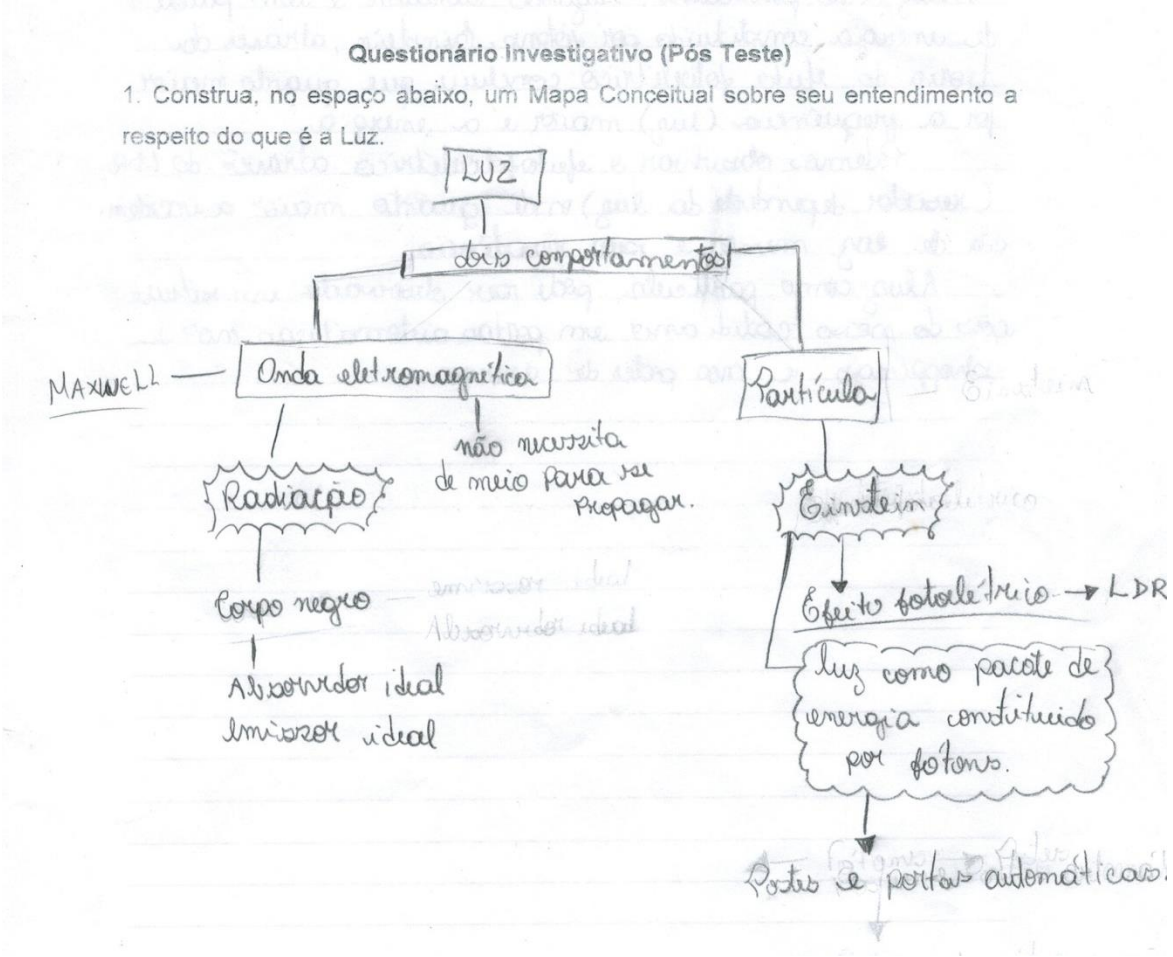
Ao final dos estágios propostos foi solicitado aos alunos que individualmente respondessem um questionário final, que denominamos pós-teste, impresso sobre o conteúdo de Física “Natureza da Luz” que estudamos no decorrer dos estágios dessa dissertação. Não houve nenhuma interferência do aplicador nas respostas dos alunos. Abaixo segue fragmentos dos textos e mapas conceituais (figuras 05 e 06) produzidos pelos alunos:

“A luz possui dois tipos de comportamento: como onda eletromagnética e como partícula. [...] A luz é uma onda eletromagnética, pois não necessita de um meio para se propagar. [...] A luz como partícula é um pacote de energia constituído por fótons”. (detalhamento do mapa conceitual – aluno F).

“Logo no início eu coloquei “Luz” e me perguntei “o que isso pode ser”? então respondi que pode ser uma “partícula” ou “onda”. [...] como onda me fiz a pergunta:

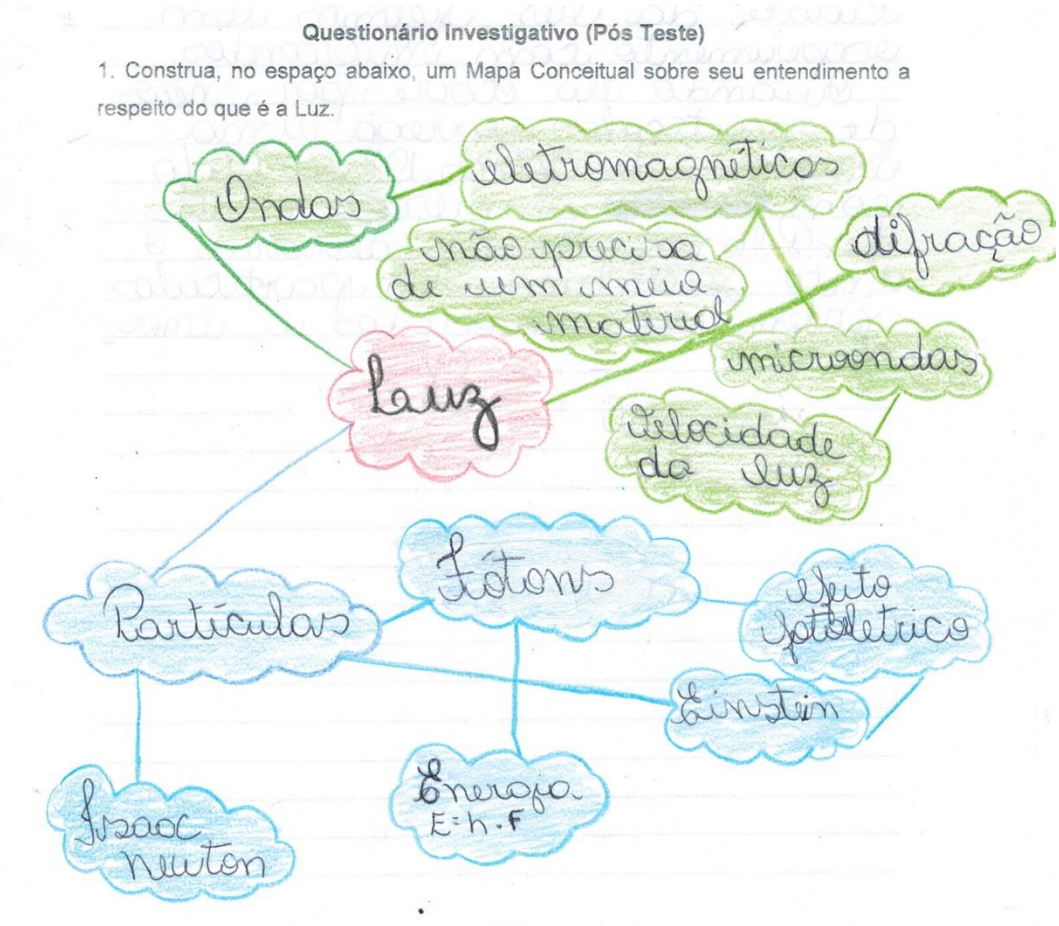
“que tipo de onda?” e como investigamos com o Kit Educacional 1, a luz é uma onda eletromagnética, esta teoria foi comprovada por Maxwell”. (detalhamento do mapa conceitual – aluno G).

Figura 04: Exemplo 01 de Mapa Conceitual produzido pelos alunos no Pós Teste.



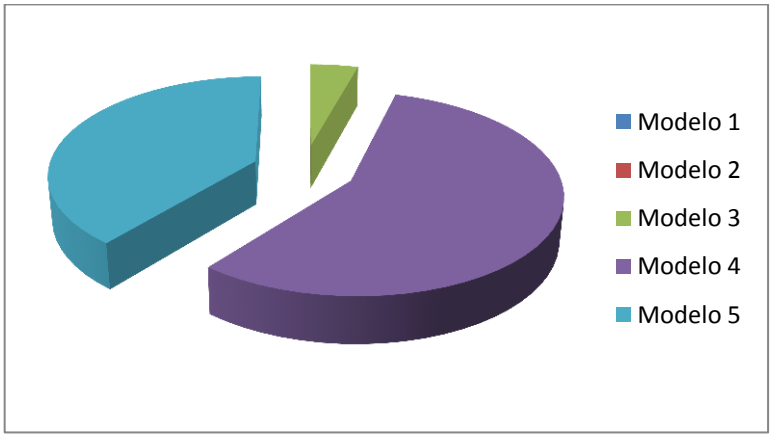
Fonte: Acervo do autor.

Figura 05: Exemplo 02 de Mapa Conceitual produzidos pelos alunos no Pós Teste.



Fonte: Acervo do autor.

Gráfico 1 – Análise do resultado do pós-teste.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Ressaltamos que ao início dessa pesquisa 98,4% dos alunos encontravam-se no modelo 1 e 1,6% no modelo 2. Após as atividades investigativas propostas na sequência didática, identificamos uma alteração significativa no percentual de alunos que antes não tinham conhecimento sobre o conteúdo selecionado e que após as aulas alcançaram os objetivos propostos, demonstrando que houve aprendizagem. Os dados revelam que essas mudanças podem ser identificadas a partir dos números apresentados, os quais nos modelos 3, 4 e 5 apresentam 4,3%, 56,6% e 39,1% respectivamente. Os resultados estão resumidos no Gráfico 1, confirmando que houve avanços na aprendizagem dos alunos.

4.3.3 Resultados do questionário de opinião

Propusemos aos alunos atividades investigativas de Laboratório Aberto através de Kits Educacionais, exceto experimento 1. A partir desta temática, os alunos desenvolveram quatro experimentos conforme já mencionados no Capítulo 4. Após a realização dos experimentos, aplicamos um questionário de opinião para que pudéssemos identificar a aceitação da sequência didática proposta. O questionário de opinião foi composto das seguintes perguntas:

P.1) Como foi a contribuição de cada atividade investigativa descrita conceitualmente para a sua aprendizagem do conteúdo proposto?

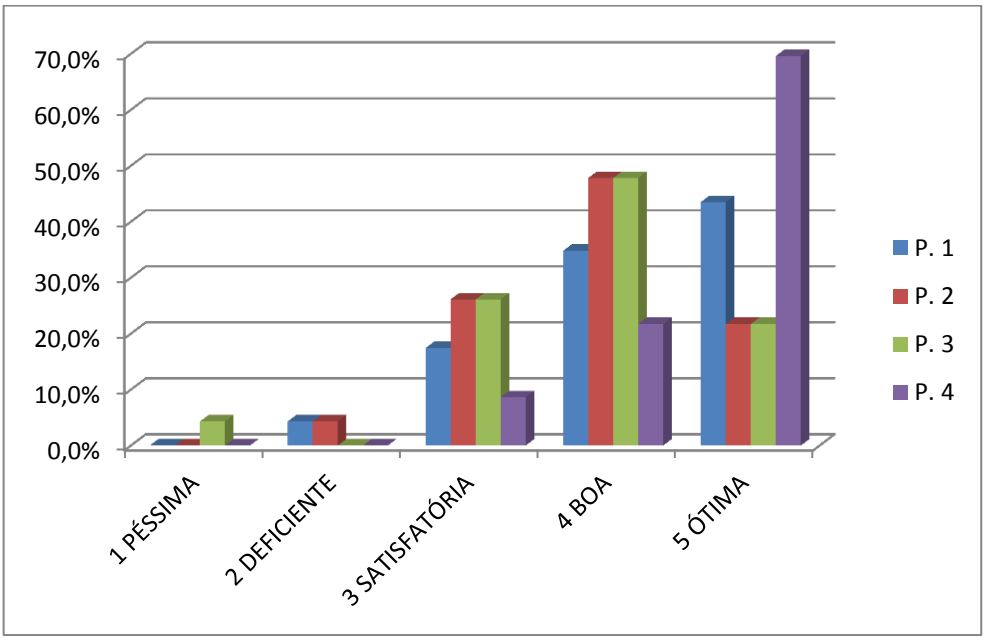
P. 2) As atividades investigativas contribuíram para despertar o seu interesse para aprender o conteúdo proposto?

P. 3) Como foi a sua participação e dedicação durante a realização das atividades investigativas?

P. 4) Para você cada metodologia que foi utilizada nas aulas é melhor que a metodologia tradicional?

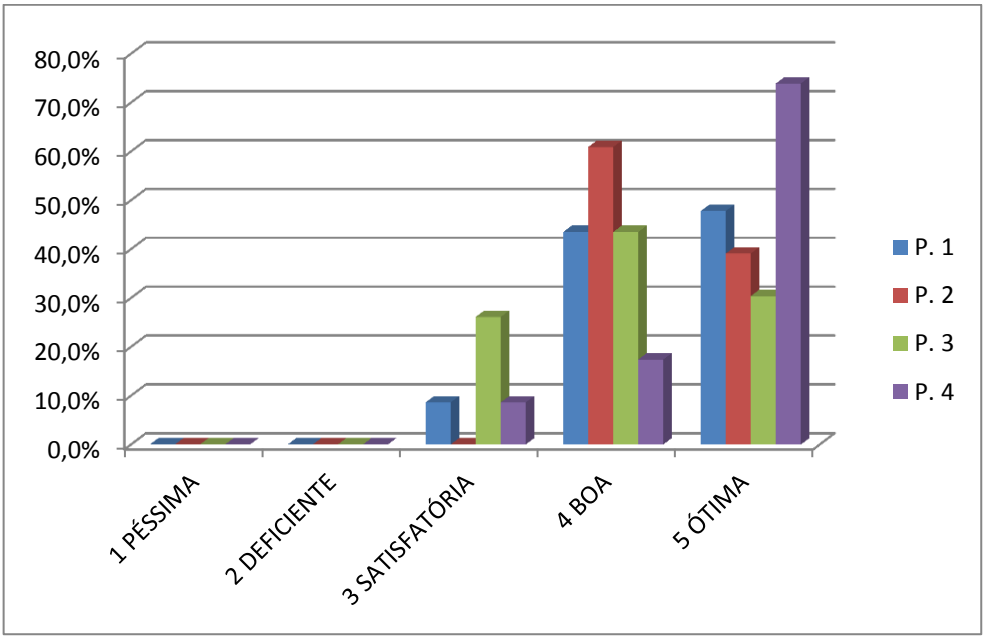
Assim, com base nas respostas, elaboramos 04 (quatro) gráficos, sendo um para cada experimento.

GRÁFICO 2 – Experimento sobre A Velocidade da Luz.



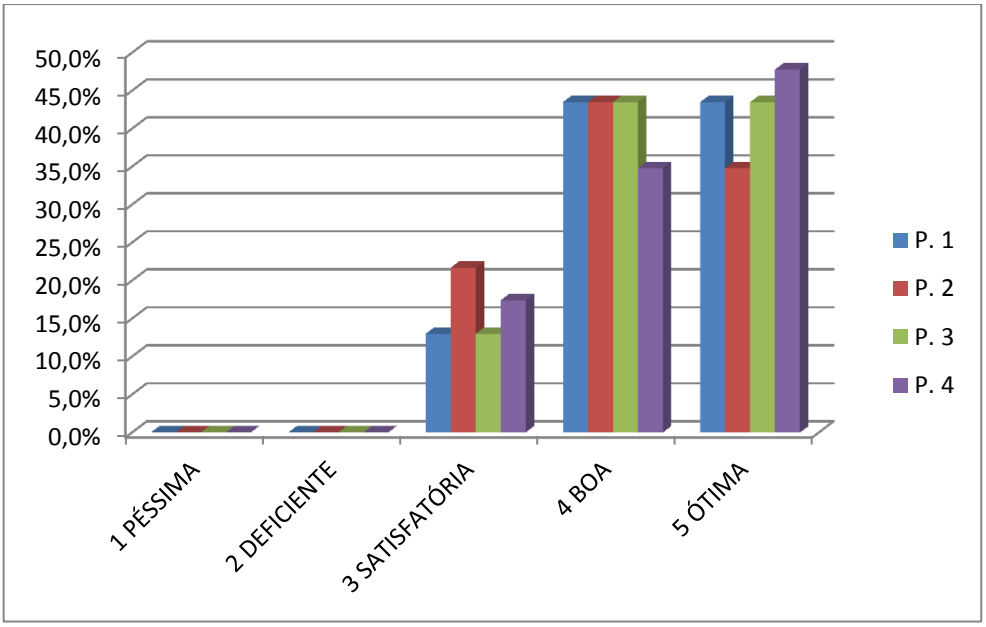
Fonte: elaborada pelo autor

GRÁFICO 3 – Experimento sobre Radiação de Corpo Negro.



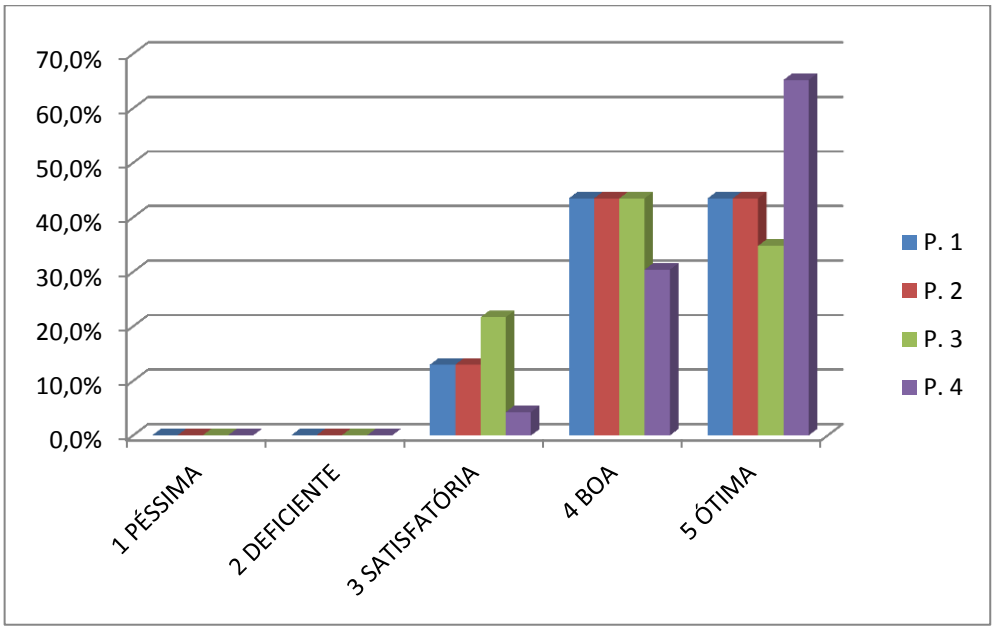
Fonte: elaborada pelo autor

GRÁFICO 4 – Experimento sobre Medida da Constante de Planck.



Fonte: elaborada pelo autor

GRÁFICO 5 – Experimento sobre Efeito Fotoelétrico.



Fonte: elaborada pelo autor

Outras considerações relevantes estão explícitas nas falas dos alunos extraídas do questionário no campo de observações:

Deveríamos desde o início do Ensino Médio ter ensinamentos com esse método de experimento, não somente em física, mas também em outras disciplinas (aluno A).

Esse tipo de metodologia desperta o aluno a querer buscar mais o saber daquela coisa, fugir dos padrões de só copiar e escutar. Traz uma satisfação maior para quem há muito tempo esteve nesse caminho (aluno B).

Ter somente o método teórico não desperta interesse e muitas vezes não alcança o devido entendimento sobre o assunto. Aulas práticas seriam melhores (aluno C)

Com esses experimentos podemos observar e entender um pouco do mundo em que vivemos. Observamos como os estudos influenciaram de maneira positiva grande parte das tecnologias que temos a nossa disposição. Atividades experimentais acabam despertando a curiosidade do aluno de maneira tal que pode aumentar seu rendimento e compreensão (aluno D).

Com a oportunidade de participar dessas aulas, tive outro olhar sobre a Física. Uma aula dinâmica é muito interessante, uma experiência satisfatória, um gosto de querer mais (aluno E).

Portanto, os alunos demonstraram aceitação de nossa sequência didática, pois os números apresentados demostram um percentual significativo de alunos que a consideraram Boa, Ótima e Satisfatória e temos um baixo índice de alunos que apontaram como deficiente ou péssima. Entendemos que a sequência didática atendeu de forma positiva aos objetivos proposto, pois a metodologia, atividade investigativa de Laboratório Aberto, colaborou significativamente para o processo de desenvolvimento da aprendizagem do conteúdo “Natureza da Luz”.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse trabalho teve como objetivo a construção de uma sequência didática com a finalidade de modificar os modelos sobre natureza da luz para os estudantes de 3ª Série do Ensino Médio. Assim aplicamos testes e analisamos as concepções a cerca da natureza da luz naqueles estudantes.

As orientações dos PCN's (Brasil, 2000) indicam que estudantes do Ensino Médio devem dominar os conceitos de ensino da Física Moderna e Contemporânea. No entanto, é de conhecimento geral que, na prática, esses conteúdos são colocados em segundo plano. Em nossa análise, um caminho para a solução do problema está numa possível mudança curricular e de postura do professor a fim de integrar o estudo de Física Clássica e Física Moderna e Contemporânea. Neste contexto, propusemos uma intervenção didática. De modo particular realizamos um recorte temático sobre as características ondulatória e corpuscular da luz e investigamos o entendimento dos estudantes sobre este assunto. Assim, realizamos aulas práticas e observamos se houve ou não houve mudança nos modelos sobre a natureza da luz.

Inicialmente, aplicamos um pré-teste sobre a natureza da luz com o objetivo de avaliar os conhecimentos prévios. Observamos que aproximadamente 98% dos sujeitos investigados apresentam modelos primitivos da luz. Isto sugere que as aulas tradicionais de Física não são eficazes para despertar a curiosidade do estudante sobre fenômenos da natureza. Esta constatação está ancorada nas respostas do questionário de opinião onde há uma primeira evidência que a turma não estava motivada para estudar os conceitos de Física.

Após as aulas dialogadas e práticas fizemos uma análise sobre os entendimentos dos estudantes à cerca da luz. Os resultados revelam uma mudança de compreensão da natureza da luz porque encontramos outros modelos. Acreditamos que a aula dialogada (estágio 2) na qual o estudante deixou de ser um mero expectador tenha contribuído para isso. Os tópicos da aula dialogada abordaram um histórico resumido e mostraram as mudanças conceituais ocorridas ao longo do

tempo sobre a Natureza da Luz. Em nossa opinião, os estudantes reformularam suas concepções a respeito das características da luz que foram usadas, a partir deste ponto, como conhecimentos prévios. Na sequência, propusemos quatro experimentos que evidenciaram as características ondulatória e corpuscular da luz.

Observamos que as atividades práticas realizadas em grupo foram instrumento eficaz no nosso estudo. Após essas atividades constatamos que houve uma mudança de entendimento da natureza da luz porque encontramos uma parcela de alunos no modelo 3 (4,3%), modelo 4 (56,6 %) e modelo 5 (39,1%). Notamos que houve uma mudança expressiva para os modelos cientificamente apropriados para o comportamento da luz. Observamos também que alguns estudantes apresentavam a formulação dual da luz. Todavia, ainda encontramos uma porcentagem dos estudantes construindo “modelos híbridos” e isto corrobora com os resultados de Coelho (2010). Neste caso, entendemos que os estudantes não fazem distinção entre o modelo ondulatório e o modelo corpuscular. Dessa forma, indicamos que na nossa sequência didática o professor deve fazer uma explanação mais explícita das teorias ondulatórias e corpuscular e, em outro momento, relacionar com os resultados dos experimentos.

Com base nas práticas vivenciadas a partir dos experimentos propostos constatamos que elementos da teoria de Vygotsky (1984) estiveram presentes em todo o processo. Os conhecimentos prévios variaram de acordo com cada aluno e isto exigiu do professor uma mediação que pudesse estimular o aluno a construir um conhecimento novo. A cada novo conhecimento, nova aprendizagem o aluno demonstrava maior prazer pela aula e motivação para realizar mais experimentos. Notável mencionar que a falta de conhecimentos prévios consolidados sobre Física Moderna e Contemporânea foram um limitador para a compreensão inicial das aulas. À medida que esse conhecimento foi passando pela Zona Desenvolvimento Proximal, como denomina o autor, sempre pela interação e mediação do professor, a aprendizagem ocorria sem maiores dificuldades, e novos conceitos eram construídos e confirmados.

Outro aspecto que destacamos como fundamental para o sucesso das aulas práticas foi o uso das contribuições de Azevedo (2004) sobre os conceitos de ensino

por investigação, principalmente quando se refere a situações problematizadoras. Observamos que o processo investigativo permitiu aos alunos superar e ampliar seus pensamentos científicos em busca da solução dos problemas que propusemos ao longo da realização dos experimentos. As atividades de Laboratório Aberto favoreceram o desenvolvimento da aprendizagem, ou seja, permitiu aos alunos compreender os conceitos dos fenômenos estudados. À medida que as aulas práticas foram acontecendo observamos também maior interesse do grupo pesquisado sobre a disciplina de Física. Isto pode ter influenciado na mudança de modelos de categorização inicial dos alunos e na formulação sobre o conceito da natureza da luz.

Portanto, concluímos que a sequência didática, produto desse trabalho, alcançou o seu objetivo, ou seja, a inserção de experimento de baixo custo, usando "microcontroladores", auxiliou na modificação dos modelos sobre natureza da luz para os estudantes de 3ª Série do Ensino Médio, uma vez que na análise dos dados encontramos uma evolução e resultados satisfatórios. Verificamos ainda que a metodologia utilizada, foi fundamental para o processo de aprendizagem dos alunos e para o resultado do trabalho. Assim consideramos que pode ser utilizada não só para a disciplina da Física, mas sim para as demais disciplinas das áreas do conhecimento que se relacionam com ela. Vale destacar que o fato de termos desenvolvido o trabalho com turmas do Ensino Médio Integrado não significa que a proposta atende somente essa forma de oferta (Educação Profissional Técnica Integrada ao Ensino Médio), mas sim que pode ser utilizada para todo o Ensino Médio (Regular, Profissional, Educação de Jovens e Adultos).

REFERÊNCIAS

ALVARENGA, L. L. **Introdução à Física Moderna no Ensino Médio através da Discussão do Dualismo Onda-Partícula**' 01/10/2008 127 f. Profissionalizante em ENSINO DE FÍSICA Instituição de Ensino: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

AMBRÓZIO, R. **Uma Intervenção Educacional com Enfoque no Ensino por Investigação:** Abordando as Temáticas Termodinâmica e Óptica. 2014. 88 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Programa de Pós Graduação em Ensino de Física, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2014.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, D.; HENESIAN, H. **Psicologia educacional**. Rio Janeiro: Interamericana, 1980. 625p.

AUSUBEL, D.P. **Educational psycology: a cognitive view**. 1ª ed. Nova York: Holt,Rinehart and Winston, 1968.

AUSUBEL, D (2003). **Aquisição e retenção de conhecimentos: Uma perspectiva cognitiva. Lisboa**: Editora Plátano.

AZEVEDO, M. C. P. S. **Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula**. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.). Ensino de Ciências: **unindo a pesquisa e a prática**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004. p. 19-33.

BRASIL, Ministério da Educação, Secretaria da Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**/Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica/Brasília: Ministério da Educação, 1998.

CABRAL , P.; IRAMAIA, J. ; MOREIRA, M. A.: Um estudo sobre a captação do significado do conceito de dualidade onda-partícula por alunos do Ensino Médio. Universidade Federal do Mato Grosso do Sul. Disponível em:< https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/142535/000867157.pdf?sequence=1>. Acesso em: 10 ago 2015 BORGES, A. T. **Novos rumos para o laboratório escolar de ciências**. Caderno Brasileiro. Ensino de Física. V. 19, n. 3: p. 291-313, dez., 2002.

CARVALHO, A. M. P.; VANNUCCHI, A. I.; BARROS,M. A et all. **Ciências no ensino fundamental**: o conhecimento físico.São Paulo: Scipione,1998.

CARVALHO, A. M. P. **Ensino e aprendizagem de ciências: Referenciais teóricos e dados empíricos das sequências de ensino investigativas (SEI)**. In: LONGHINI, M. D. (Org.) O Uno e o Diverso. Uberlândia: EDUFU, 2011, cap. 18, p. 253-266.

CARVALHO, A. M. P**. O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas**. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.) Ensino de Ciências por

investigação: Condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, 2013, cap. 1, p. 1-20.

CARVALHO, A. M. P.; Santos, E. I. ; Azevedo M. C. P. S.; Date, M. P. S.; Fuji, S.R.S.; Nascimento, V.B.(1999). **Termodinâmica:** Um ensino por investigação. 1. ed. São Paulo: Universidade de São Paulo -Faculdade de Educação, 1999.

CARVALHO, A. M. P., et al. **Ensino de Ciências:** unindo a pesquisa e a prática. São Paulo: Editora Thompson, 2004.

CARVALHO, A. M. P. As práticas experimentais no ensino de Física. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.). **Ensino de Física**. Coleção Ideias em Ação: Cengage Learning, 2011. P. 53-78.

CARVALHO, A. M. P. Laboratório Aberto. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.). **Calor e Temperatura**: um ensino por investigação. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2014. P. 71-79.

CARVALHO, L. R. M. **Variações diurnas na pressão atmosférica:** um estudo investigativo baseado na utilização da placa Arduino' 07/02/2014 234 f. Mestrado Profissional em Ensino de Física Instituição de Ensino: Universidade Federal Do Rio De Janeiro, Rio de Janeiro Biblioteca Depositária: Biblioteca Plinio Sussekind da Rocha do Instituto de Física da UFRJ.

COELHO, G. R. O entendimento dos estudantes sobre a natureza da luz em um currículo recursivo. **Caderno Brasileiro. Ensino de Física**. V. 27, n. 1: p. 63-87, abr., 2010.

COELHO, T. S.O. **Proposta de unidade didática para a aprendizagem significativa de conceitos de física moderna e contemporânea**' 15/02/2016 undefined f. Mestrado Profissional em Ensino de Física - PROFIS Instituição de Ensino: Universidade Federal De Goiás, São Paulo.

GIL, A. C.. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. São Paulo: Atlas, 2008.

HODSON, D. (1994). **Hacia um Enfoque más critico del Trabajo de laboratório**. *Enseñanza de Las Ciências*, 12(3), 299-313.

LIMA, D. C. A. de. **Laboratório de Física Moderna**. Vitória: Universidade Federal do Espírito Santo, Núcleo de Educação Aberta e à Distância, 2012.

LOPES, E. S. **“E o elétron? É onda ou é partícula?”:** Uma proposta para promover a ocorrência da alfabetização científica de física moderna e contenporânea em estudantes do ensino médio. Dissertação (mestrado) - Instituto de Física e Faculdade de Educação da USP, 2013.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa.** 2. Ed. Ampl. São Paulo: UPU, 2011b.

MOREIRA, M. A. A Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud, o Ensino de Ciências e a Pesquisa nesta Área. In: **Investigações em Ensino de Ciências,** Porto Alegre, 2002.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa**. Brasília: Editora da Unb, 1999a. 129p.

MOREIRA, M. A. **Teorias de aprendizagem**. São Paulo: Pedagógica e Universitária, 1999b. 195p.

MUNFORD, D.; LIMA, M. E. C. C. E. Ensinar Ciências por investigação: Em quê estamos de acordo? **Ensaio. Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 9, p. 20, 2007.

NOVAK, J.D. **Uma teoria de educação**. São Paulo, Pioneira: 1998.

PESSOA JUNIOR, O. **Conceitos de Física Quântica.** 3 ed., v. 1, São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006.

RODRIGUES, R. F. de. **Arduino como uma ferramenta mediadora no Ensino de Física**' 10/10/2014 90 f. Mestrado Profissional em Ensino de Física Instituição de Ensino: Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul, Porto Alegre

SOLINO, A. P. **Abordagem temática freireana e o ensino de ciências por investigação:** Contribuições para o ensino de ciências/física nos anos iniciais. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 2013.

VYGOTSKY, L. S. **Pensamento e Linguagem.** São Paulo: Martins Fontes, 1998.

VYGOTSKY, L. S. **Pensamento e linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 1999.

VYGOTSKY, L. S. **A Formação Social da Mente:** o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores. São Paulo: Martins Fontes Editora, 1984.

ZÔMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. Atividades investigativas no ensino de ciências: Aspectos históricos e diferentes abordagens. **Revista Ensaio**, v. 13, n. 3, p. 67-80, 2011.

APÊNDICES

APÊNDICE A – REVISÃO DE LITERATURA

DESCRITOR	**DUALIDADE ONDA-PARTÍCULA**	
BANCO DE DADOS: Revista Brasileira de Ensino de Física		
Ano	**Autor/ Titulo/ Instituição**	**Enfoque**
2009	MICHEL BETZ, I. L.; MUSSATTO, G.: Dualidade onda-partícula: um objeto de aprendizagem baseado no interferômetro de Mach-Zehnder. Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Artigo)	Apresenta um recurso eletrônico destinado a apoiar o ensino e facultar o estudo independente da dualidade onda-partícula na física quântica. Seguindo outros autores, escolhemos o interferômetro de Mach-Zehnder como ilustração conveniente dos conceitos.
2010	SOUZA, P. F. L.; BASTOS, H. F. B. N., COSTA, E. B.; NOGUEIRA, R. A.: Pensamento transdisciplinar: uma abordagem para compreensão do princípio da dualidade da luz. Universidade Federal Rural de Pernambuco (Artigo)	Objetiva investigar, numa turma de alunos de Licenciatura em Física, se o Pensamento Transdisciplinar pode contribuir para a compreensão do princípio da dualidade da luz.
2011	SILVA NETO, J. da; OSTERMANN, F.; PRADO, S. D. O tema da dualidade onda-partícula na educação profissional em radiologia médica a partir da simulação do interferômetro de Mach-Zehnder. Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Artigo)	Apresenta a aplicação de uma proposta de introdução de tópicos de física moderna a estudantes de um curso técnico na área da saúde e a avaliação de um software tipo bancada virtual que simula o interferômetro de Mach-Zehnder. A teoria sociointeracionista de Vygotsky e a ênfase curricular Ciência-Tecnologia-Sociedade foram tomados como referenciais.
2015	SILVA, Indianara: Uma nova luz sobre o conceito de fóton: Para além de imagens esquizofrênicas. Universidade Estadual de Feira de Santana (Artigo)	Destaca que desenvolvimentos teóricos e experimentais culminaram, após a década de 1950, na revisão do conceito canônico de fóton da velha teoria quântica. Esse artigo dedica-se a revelar os caminhos que levaram a um conceito de fóton mais sofisticado, passando pelo efeito HBT, os estados coerentes de Glauber, e os experimentos que trouxeram à tona a natureza quântica da luz.
DESCRITOR	**DUALIDADE ONDA-PARTÍCULA**	
BANCO DE DADOS: Periódicos CAPES		
Ano	**Autor/ Titulo/ Instituição**	**Enfoque**
2004	ROSA, P. S.; Louis de Broglie e as ondas de matéria. Unicamp (Tese)	Aborda o conceito da dualidade onda-partícula, do início do século XX (trabalhos de Albert Einstein) até o surgimento da teoria de Louis de Broglie, dando ênfase especialmente às idéias de Einstein a respeito da natureza da luz, e outras interpretações corpusculares da radiação (William Bragg, J. J. Thomson e Johannes Stark)

2005	CABRAL , P.; IRAMAIA, Jorge ; MOREIRA, M. A.: Um estudo sobre a captação do significado do conceito de dualidade onda-partícula por alunos do ensino médio. Universidade Federal do Mato Grosso e Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Artigo)	Investiga a possibilidade da captação do significado do conceito de onda-partícula por alunos do ensino médio, e a compreensão do aspecto dual dos objetos ou entidades quânticas, na perspectiva de uma aprendizagem significativa crítica.
2008	ALVARENGA, L. L.: Introdução à física moderna no ensino médio através da discussão do dualismo onda-partícula. Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Tese)	Relata a experiência obtida com alunos de ensino médio de um curso de caráter extracurricular tendo como objetivo principal da proposta introduzir alguns conceitos fundamentais de Física Moderna, especialmente os princípios básicos da Mecânica Quântica, a partir da discussão do dualismo onda-partícula.
2009	PEREIRA, A. P.; CAVALCANTI, C. J. H.; OSTERMANN, F.: Concepções relativas à dualidade onda-partícula: uma investigação na formação de professores de Física. Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Artigo)	Investiga as concepções de futuros professores de física acerca da dualidade onda-partícula. Mostra ainda que a maioria dos estudantes tem dificuldades em reconhecer em quais situações os objetos quânticos (fótons e elétrons) apresentam um comportamento tipicamente corpuscular ou ondulatório.

DESCRITOR	**DUALIDADE ONDA-PARTÍCULA**

BANCO DE DADOS: banco de teses e dissertações da Capes

Ano	**Autor/ Titulo/ Instituição**	**Enfoque**
2013	SILVA, I. L.. Uma história do conceito de fóton na segunda metade do século xx: para além de histórias do modelo bola de bilhar Universidade Federal Da Bahia (tese)	Apresenta um estudo histórico e considerou as contribuições dos cientistas britânicos Robert Hanbury Brown e Richard Quentin Twiss, do físico norte-americano Prêmio Nobel Roy J. Glauber, e dos experimentos que evidenciaram a natureza quântica da luz, nas discussões sobre o fóton e o seu conceito.
2013	LOPES, E. S. E o elétron? É onda ou é partícula? - Uma proposta para promover a ocorrência da alfabetização científica de física moderna e contemporânea em estudantes do ensino médio Universidade De São Paulo (Dissertação)	Busca elaborar uma sequência de ensino sobre a dualidade onda-partícula do elétron, pois o elétron é a menor partícula com massa que pode-se trabalhar em sala de aula, a nosso ver.
2014	MOREIRA, S. V. Experimento da Fenda Dupla: Dualidade Onda-Partícula e sua Quantificação e Tomografia Mínima em um Único Plano.	Estuda a dualidade onda-partícula e também propõe a realização de uma tomografia de estado mínima em um experimento de interferência de ondas de matéria através da fenda dupla. Uma descrição quântica deste experimento é apresentada, e as situações

	Universidade Federal De Minas Gerais (dissertação)	intermediárias de conhecimento parcial das descrições ondulatória e corpuscular foram quantificadas, por meio das quantidades denominadas visibilidade (V) e previsibilidade (P), respectivamente, como é usual na literatura.
2014	VIEIRA, P. C. Perspectivas sobre a evolução histórica do conceito de luz e sua integração com a fotografia para o ensino da óptica. Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul (Dissertação)	A presente dissertação pretende mostrar o desenvolvimento, a execução, a análise e as conclusões provenientes de uma pesquisa de mestrado em Ensino de Física, cuja finalidade esteve em avaliar o impacto de uma abordagem histórica e do emprego da fotografia no ensino de Óptica para o Ensino Médio.
2015	TELICHEVESKY, L. Uma perspectiva sociocultural para a introdução de conceitos de Física Quântica no Ensino Médio: análise das interações discursivas em uma unidade didática centrada no uso do interferômetro virtual de Mach-Zehnder: Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul (dissertação)	O conceito central desta abordagem é a dualidade onda-partícula e o Interferômetro Virtual de Mach-Zehnder (IVMZ) é utilizado como sua ferramenta didática principal ou, em termos Vygotskyanos, ferramenta de mediação.
2015	FERRAZ, A. T. Propósitos epistêmicos para a promoção da argumentação em aulas investigativas de física. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO (Dissertação)	Objetiva mapear quais ações tomadas por um professor promove a argumentação dos estudantes levando em conta o contexto do ensino por investigação e a importância dessa abordagem didática para a promoção da Alfabetização Científica.
2015	SOUZA, T. N. De. Engajamento disciplinar produtivo e o ensino por investigação: estudo de caso em aulas de física no ensino médio Universidade De São Paulo (Dissertação)	Busca analisar se, e como, o Ensino por Investigação pode promover o Engajamento Disciplinar Produtivo (EDP) entre alunos de uma turma da disciplina Física do terceiro de ano do Ensino Médio de uma escola pública estadual localizada na periferia da cidade de São Paulo.
2015	SOUSA, W. B. De. A teoria da transposição didática e a teoria antropológica do didático aplicadas em um estudo de caso no ensino da física moderna e contemporânea. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO (Dissertação)	Procura analisar a formação e a prática do professor apresentando uma articulação possível entre a Teoria da Transposição Didática (TTD) e a Teoria Antropológica do Didático (TAD), ambas de Chevallard, na identificação das praxeologias adotadas pelo professor durante o processo de didatização dos saberes, na perspectiva de que ele desempenha um papel central e, ao mesmo tempo, sensível no momento de transformar o saber até que este chegue à sala de aula.
2015	SILVA, J. K. L. da. Uma proposta de ensino de tópicos de mecânica quântica sob a ótica de bachelard FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA (dissertação)	Pretende com este trabalho identificar possíveis obstáculos epistemológicos que influenciaram a construção e o desenvolvimento histórico da Mecânica Quântica, bem como identificar os obstáculos epistemológicos presentes nos textos de Física Moderna e Contemporânea dos livros didáticos.

2015	SABINO, A. R. Saberes docentes desenvolvidos na inserção de física moderna no ensino médio: um estudo de caso. Universidade De São Paulo (Dissertação)	Objetiva mapear quais saberes docentes são necessários desenvolver e de que maneira esse desenvolvimento se dá a fim de que docentes implementem FMC no Ensino Médio. Para isso, analisa dois professores do NUPIC na aplicação da sequência didática sobre Dualidade Onda-Partícula com seus alunos da 3ª série do Ensino Médio de escolas públicas da região metropolitana de São Paulo.
2015	CRUZ, R. S. Da. Das palavras aos quanta: analogia como elemento do pensamento e ferramenta didática em aulas de física quântica na educação básica. Universidade De São Paulo (Tese)	Aborda o uso de analogias em atividades didáticas voltadas às aulas de ciências e, mais especificamente, do uso de analogias em aulas sobre temas de física quântica para alunos do ensino médio. Parte, então, da aparente contradição que resulta da tentativa de abordar conceitos da física quântica, conceitos estes abstratos e sem relação com a realidade sensível.
2015	BERNARDO, F. L. Análise Praxeológica de Tópicos de Física Moderna em Livros Didáticos do Programa Nacional do Livro Didático Universidade Federal De Santa Catarina (Dissertação)	Abordou a análise praxeológica dos tópicos de Física Moderna presentes em cinco livros didáticos do Programa Nacional do Livro Didático. A Teoria Antropológica da Didática, de Ives Chevallard, serviu de aporte teórico e metodológico para essa investigação, visando, assim, inferir sobre o saber a ser ensinado.
2015	SILVA, R. S. Da. A abordagem do efeito fotoelétrico no ensino médio: Contribuições de uma unidade ensino potencialmente Significativa Universidade Federal De Mato Grosso Do Sul (Dissertação)	Elabora e aplica uma unidade de ensino potencialmente significativa, fundamentada na utilização de aspectos de História e Filosofia da Ciência (HFC) e uso de simulação computacional, acerca dos conceitos de físicos presentes no experimento do Efeito Fotoelétrico.
2015	FERREIRA, D.C. elaboração de um material didático aplicado ao ensino de física para utilização do experimento virtual da dupla fenda. Universidade Est.Paulista Júlio De Mesquita Filho (Dissertação)	Para inserir o estudante no mundo da mecânica quântica, isto é, na física do infinitamente pequeno, o aluno deve abandonar o pensamento clássico e pensar em termos do comportamento quântico e do indeterminismo no processo de medida, isto é, desenvolver a capacidade de abstração sendo este, o objetivo deste trabalho.
2016	COELHO, T. S. O. Proposta de unidade didática para a aprendizagem significativa de conceitos de física moderna e contemporânea. Universidade Federal De Goiás (Dissertação)	Tem por finalidade a elaboração de um material didático instrucional que oriente o professor a partir de uma perspectiva social, cultural, e política, onde o conhecimento prévio do aluno é considerado a variável de maior importância. Com esta finalidade, a Unidade Didática contempla conceitos como grandezas físicas contínuas e quantizadas, dualidade onda-partícula, além de diferentes processos físicos “modernos” como o efeito fotoelétrico e fotovoltaico, e a emissão estimulada aplicada ao LASER, LED e OLED.
DESCRITOR	**DUALIDADE ONDA-PARTÍCULA**	
BANCO DE DADOS: Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD)		

Ano	Autor/ Titulo/ Instituição	Enfoque
2006	SCHMITT, C. E.: Ensino de astronomia : Ensino médio Eletromagnetismo Métodos de ensino Ondas eletromagneticas Aprendizagem significativa Construtivismo por reponame Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Dissertação)	O trabalho relata a utilização de tópicos ligados à Astronomia, como motivação educacional, a fim de inserir o estudo das radiações eletromagnéticas com abordagem na Física Moderna e Contemporânea.
2008	NETTO, J. S.: A física moderna no processo de formação de técnicos na área de radiologia médica. Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Dissertação)	Elabora uma página na internet como instrumento de apoio à disciplina de Proteção Radiológica. Considera como marco teórico a teoria sóciointeracionista de Lev Semenovich Vygotsky visando uma maior conscientização dos alunos quanto aos efeitos biológicos das radiações, adotamos como conceito central a dualidade onda-partícula.
2008	PEREIRA, A. P. de: Fundamentos de física quântica na formação de professores: uma análise de interações discursivas em atividades centradas no uso de um interferômetro virtual de Mach-Zehnder Universidade Federal do Rio Grande do Sul	Apresenta uma investigação sobre o ensino de física quântica na formação inicial de professores. Objetiva analisar as tensões nos enunciados de estudantes, à luz do referencial sociocultural, e avaliar em que medida os enunciados dos estudantes se articulam à internalização de conceitos de física quântica no uso de instrumentos semióticos.
2009	FILGUEIRA, S. S. O lúdico no ensino de física: elaboração e desenvolvimento de um minicongresso com temas de física moderna no ensino médio. Universidade Federal de Goiás (Dissertação)	Objetiva investigar a viabilidade de trabalhar com temas de física moderna e contemporânea no Ensino Médio por meio de uma atividade lúdica. Discute-se nesse trabalho a ligação do lúdico com a inserção de tópicos de física moderna e contemporânea na escola básica.
2010	HOFFMANN, S. K.Óptica física com o interferômetro virtual de Mach-Zehnder Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Dissertação)	Este trabalho descreve a utilização de um software livre educacional do interferômetro de Mach-Zehnder (IMZ), em português, como instrumento motivador, ilustrativo, de fácil manuseio e compreensão, para ajudar no ensino e aprendizagem de Física.
2012	SOUZA, V. F. M.: A importância da pergunta na promoção da alfabetização científica dos alunos em aulas investigativas de Física. Universidade de São Paulo (Dissertação)	Visa a entender quais os tipos de perguntas feitas pelo professor em uma atividade investigativa de Física e quais os indicadores de alfabetização científica (SASSERRON, 2008) a fim de investigar como as perguntas podem influenciar na promoção da alfabetização científica.
2013	GOMES, I. C. P.: A mediação semiótica de instrumentos culturais na aprendizagem do conceito de radioatividade no	Teve como objetivo investigar e caracterizar a ação dos alunos em sala de aula ao utilizarem diferentes ferramentas culturais na aprendizagem do conceito de radioatividade, portanto a dinâmica discursiva foi objeto

	Ensino Médio Universidade Federal de Goiás (Dissertação)	de estudo.
2014	VIEIRA, P. C.: Perspectivas sobre a evolução histórica do conceito de luz e sua integração com a fotografia para o ensino da óptica Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Dissertação)	Pretende mostrar o desenvolvimento, a execução, a análise e as conclusões provenientes de uma pesquisa de mestrado em Ensino de Física, cuja finalidade esteve em avaliar o impacto de uma abordagem histórica e do emprego da fotografia no ensino de Óptica para o Ensino Médio.
2015	FERRAZ, A. T.: Propósitos epistêmicos para a promoção da argumentação em aulas investigativas de física. Universidade de São Paulo 2(Dissertação)	Objetiva mapear quais ações tomadas por um professor promove a argumentação dos estudantes. Para isso, leva em conta o contexto do ensino por investigação e a importância dessa abordagem didática para a promoção da Alfabetização Científica.
2015	HASTENREITER, R. S. C.: Das palavras aos quanta: analogia como elemento do pensamento e ferramenta didática em aulas de física quântica na educação básica. Universidade de São Paulo (Dissertação)	Trata do uso de analogias em atividades didáticas voltadas às aulas de ciências e do uso de analogias em aulas sobre temas de física quântica para alunos do ensino médio. Parte da aparente contradição que resulta da tentativa de abordar conceitos da física quântica, conceitos estes abstratos e sem relação com a realidade sensível, por meio de um mecanismo representativo que é baseado na comparação entre dois domínios do conhecimento, no qual um deles pertence ao repertório do conhecido e o outro diz respeito ao que se deseja conhecer.
2015	SABINO, A. R.: Saberes docentes desenvolvidos na inserção de física moderna no ensino médio: um estudo de caso. Universidade de São Paulo (Dissertação)	Objetiva mapear quais saberes docentes são necessários desenvolver e de que maneira esse desenvolvimento se dá a fim de que docentes implementem FMC no Ensino Médio. Para isso, analisa dois professores do NUPIC na aplicação da sequência didática sobre Dualidade Onda-Partícula com seus alunos da 3ª série do Ensino Médio de escolas públicas da região metropolitana de São Paulo.

DESCRITOR	Ensino de Física por investigação experimental com microcontroladores	
BANCO DE DADOS: Banco de Teses e Dissertações da Capes		
Ano	**Autor/ Titulo/ Instituição**	**Enfoque**
2014	RODRIGUES, R. F. de: Arduino como uma ferramenta mediadora no Ensino de Física. Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul - Ensino De Física (Dissertação).	Apresenta uma atividade direcionada aos alunos do terceiro ano do Curso Técnico de Informática. Utiliza microcontroladores, Arduino, como ferramenta mediadora no Ensino de Física visando uma aprendizagem significativa guiada por descobertas, enfatizando o que o aluno conhece e não suas carências. Apresenta uma estratégia de ensino embasada em teorias de formação social da mente e zona de desenvolvimento proximal abordados por Lev Vygotsky e de teoria de projetos propostos por Hernández.
2014	CARVALHO, L. R. M. de: Variações diurnas na pressão atmosférica: um estudo investigativo baseado na utilização da placa Arduino. Universidade Federal Do Rio De Janeiro - Ensino de Física (Dissertação)	Apresenta uma atividade experimental investigativa sobre as marés atmosféricas feitas com o uso de um sensor digital de pressão controlado por uma placa Arduino. A atividade foi aplicada a estudantes do Ensino Médio da ETE Henrique Lage, durante as aulas de Física, a partir de um roteiro didático que compõe o produto educacional desta dissertação.

APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO PRÉVIO (PRÉ-TESTE)

Caro aluno,

Este questionário tem como finalidade obter informações sobre sua aprendizagem. Espera-se que você responda a todas as perguntas de uma forma franca e sincera. As respostas dadas nesta pesquisa serão mantidas em absoluto segredo pelo pesquisador, em seus estudos de Mestrado Profissional em Ensino de Física.

Nome: _____

Série/Turma: _____

Questionário Prévio (Pré-Teste)

1.

2015 - Ano Internacional da Luz

No dia 20 de dezembro de 2013, a 68ª Sessão da Assembleia Geral das Nações Unidas proclamou o ano de 2015 como o Ano Internacional da Luz e das Tecnologias baseadas em Luz (International Year of Light and Light-based Technologies – IYL 2015).

O Ano Internacional da Luz é uma iniciativa mundial que vai destacar a importância da luz e das tecnologias ópticas na vida dos cidadãos, assim como no futuro e no desenvolvimento das sociedades de todo o mundo. Essa é uma oportunidade única para se inspirar, para se educar e para se unir em escala mundial.

Ao proclamar um Ano Internacional com foco na ciência óptica e em suas aplicações, as Nações Unidas reconhecem a importância da conscientização mundial sobre como as tecnologias baseadas na luz promovem o desenvolvimento sustentável e fornecem soluções para os desafios mundiais nas áreas de energia, educação, agricultura, comunicação e saúde. A luz exerce um papel essencial no nosso cotidiano e é uma disciplina científica transversal obrigatória para o século XXI. Ela vem revolucionando a medicina, abrindo a comunicação internacional por meio da internet e continua a ser primordial para vincular aspectos culturais, econômicos e políticos da sociedade mundial.

Juntamente com a UNESCO, um grande número de organismos científicos participará dessa iniciativa, que, em 2015, vai reunir diversas partes interessadas, inclusive sociedades e associações científicas, instituições de ensino, plataformas de tecnologia, organizações sem fins lucrativos e parceiros do setor privado.

“Um Ano Internacional da Luz é uma grande oportunidade para garantir que gestores de políticas internacionais e partes interessadas se conscientizem sobre o potencial de solução de problemas que a tecnologia óptica apresenta. Nós temos agora uma oportunidade única para promover essa conscientização em âmbito mundial” (DUDLEY, John., presidente do Comitê de Promoção do IYL 2015. Disponível em:<http://www.unesco.org/new/pt/brasilia/about-this-office/prizes-and-celebrations/2015-international-year-of-light/>.Acesso: 26 jun 2016).

Com o objetivo de investigar seu conhecimento sobre o assunto, escreva um texto respondendo a seguinte questão: **O que é a luz?**

APÊNDICE C – ROTEIRO 1: A VELOCIDADE DA LUZ

Escola:			
Aluno(a):			Nº:
Série/turma:	Trimestre:	Valor:	NOTA:
Professor (a):			
Componente: Física			
Objetivo: Medir a velocidade da luz a partir da radiação de micro-ondas.			

ROTEIRO 1: A velocidade da luz

CONTEÚDO

- A velocidade da luz.

DESENVOLVIMENTO

1. Introdução

Até o século XVII se acreditava que a propagação da luz era instantânea, ou seja, sua velocidade era infinita. Uma das primeiras tentativas para se medir a velocidade da luz foi feita por Galileu. Ele tentou medir o tempo que um feixe luminoso demoraria para percorrer uma dada distância. No entanto, sem aparelhos de medida bastante sensíveis seria impossível obter um valor para este tempo e o experimento fracassou. Por volta de 1675, o astrônomo dinamarquês Olaf Römer fazia observações dos sucessivos eclipses de uma das luas do planeta Júpiter. Ele mostrou que quando a Terra estivesse em posições diametralmente opostas ao Sol, ocorria um atraso entre dois eclipses de aproximadamente 20 minutos. Römer sugeriu que este atraso era devido ao tempo gasto pela luz para percorrer a distância correspondente ao diâmetro da órbita da Terra e concluiu que a velocidade da luz embora muito alta, era finita. Uma medida bastante precisa foi feita pelo físico francês H. L. Fizeau, por volta de 1849, usando um dispositivo óptico

constituído de dois espelhos e uma roda dentada que permitia ao observador sincronizar os raios incidentes e refletidos. Mais tarde o físico e astrônomo francês Jean Bernard Léon Foucault adaptou o experimento de Fizeau e calculou a velocidade com bastante precisão. Fez ainda comparações entre a velocidade da luz se propagando na água e no ar. Experimentos mais precisos foram feitos, dentre eles as técnicas precisas desenvolvidas pelo físico A. A. Michelson, e hoje o valor exato da velocidade da luz é $c = 299.792.458\ m/s$.

Em sua teoria eletromagnética, J. C. Maxwell mostrou que toda onda eletromagnética se propaga no vácuo com a mesma velocidade $c = (\mu_o.\varepsilon_o)^{-1/2}$, onde ε_o é a permissividade elétrica e μ_o é a permeabilidade magnética do vácuo, respectivamente. Podemos ainda medir a velocidade de propagação de uma onda através da medição direta de sua frequência ν e comprimento de onda λ da forma:

$$c = \lambda \nu . \quad (1.1)$$

Fonte: Disponível em:<https://sites.google.com/site/carlosaugustopassos/home/intro-a-fisica-moderna>. Acesso em: 10 jul 2016.

2. Experimento 1: A velocidade da luz

O professor Pereira quer medir a velocidade da luz a partir da radiação de micro-ondas. Ele pensa em utilizar o forno de micro-ondas para realizar o experimento. Com base no que estudamos sobre a óptica e ondas vocês deverão propor uma solução para o problema do professor com o uso do aparelho.

Os seguintes materiais estarão disponíveis para uma possível experimentação a ser realizada:

- 01 forno de micro-ondas;
- 01 prato para micro-ondas;
- Papel para fax;
- Réguas com escala milimetrada.

Mãos à obra!

Essa atividade investigativa possui um roteiro que deve ser desenvolvido na forma de um texto dissertativo para explicitar como o conhecimento foi produzido nesta atividade. No texto você deve apresentar:

I- quais os objetivos estabelecidos pelo grupo para desenvolver a atividade de investigação;

II- quais as hipóteses apresentadas para a solução do problema;

III- quais os procedimentos que o grupo estabeleceu para a solução do problema (explicar o passo a passo, justificando os caminhos percorridos para o alcance da solução do problema);

IV- quais os resultados encontrados e analisar se as hipóteses apontadas na proposição da solução do problema se confirmam ou não;

V- indicar uma conclusão que represente a investigação do problema apresentado.

REFERÊNCIA

HALLIDAY. D.; RESNICK. R. e WALKER. J.; **Fundamentos de Física**, Vol. IV, Óptica e Física Moderna, Editora LTC, 8ª edição (2008).

LIMA, D. C. A.. **Laboratório de Física Moderna**. Vitória: Universidade Federal do Espírito Santo, Núcleo de Educação Aberta e à Distância, 2012.

STAUFFER Jr R. H. **The Physics Teacher**, 35, 231 (1997).

Grupo:_____

Diário de Bordo

APÊNDICE D – ROTEIRO 2: RADIAÇÃO TÉRMICA

Escola:			
Aluno(a):			Nº:
Série/turma:	Trimestre:	Valor:	NOTA:
Professor (a):			
Componente: Física			
Objetivos: Estudar a absorção e emissão de radiação por um corpo negro com uso de microcontrolador de baixo custo; Obter o valor da constante de Planck a partir da luz emitida por um LED (Light Emitting Diode) com uso de microcontrolador de baixo custo.			

ROTEIRO 2: rADIAÇÃO TÉRMICA

CONTEÚDOS

- Radiação térmica;
- A constante de Planck.

DESENVOLVIMENTO

1. Introdução

1.1. Radiação de corpo negro

Quando colocamos um pedaço de ferro no fogo, deixamos por alguns segundos e o aproximamos de nossas mãos podemos sentir a radiação emitida pelo corpo na forma de calor. Esta radiação, no entanto, não é visível. À medida que a temperatura aumenta, a quantidade de radiação emitida também cresce e começamos a observar uma mudança na coloração da superfície do ferro; em temperaturas muito altas a superfície do ferro adquire uma cor vermelha brilhante. A radiação emitida por um corpo devido à sua temperatura é chamada de radiação térmica. Em geral, em temperaturas abaixo de 600 ºC a radiação térmica emitida

pelos corpos não é visível, pois seu comprimento de onda é muito maior do que o comprimento da luz visível. Existem, no entanto, corpos que emitem radiação visível como, por exemplo, o Sol, o carvão em brasa, as lâmpadas incandescentes, dentre outros. O espectro de radiação térmica emitida pelo corpo dependerá, essencialmente, da natureza desse corpo. Entretanto, alguns objetos quando aquecidos emitem espectros idênticos, ou seja, a radiação emitida por estes corpos à mesma temperatura não dependerá da constituição do material. Estes objetos são chamados de corpos negros. Se um corpo absorve toda a radiação incidente sobre ele considerado um corpo negro. De fato, esses não refletem a luz incidente e, portanto, eles possuem a coloração negra.

A distribuição espectral da radiação de corpo negro é especificada pela chamada Radiância Espectral, $R_T(\nu)$, que é definida de forma que $R_T(\nu)\,d\nu$ seja igual à energia por unidade de tempo por unidade de área emitida por uma superfície à temperatura T num intervalo de frequência de ν a $\nu + d\nu$. Se plotamos um gráfico de $R_T(\nu)$ em função de v para diferentes temperaturas absolutas T, observaremos que R_T cresce rapidamente com o aumento da temperatura. Por volta de 1879, Josef Stefan escreveu uma relação empírica entre a energia por unidade de tempo por unidade de área irradiada pelo corpo negro e sua temperatura,

$$R_T = \sigma T^4, \qquad (2.1)$$

em que $\sigma = 5,67 \times 10^{-08}\ W/m^2\ K^4$ é a constante de Stefan-Boltzmann e T é a temperatura em unidades de Kelvin. Veja que, de acordo com a Lei de Stefan-Boltzmann, R_T só depende da temperatura do corpo e não de qualquer outra característica do corpo e pode ser entendida como a rapidez com que um corpo emite energia. Os corpos que não são negros também irradiam energia por unidade de área por unidade de tempo, porém com uma rapidez menor do que um corpo negro à mesma temperatura. Para estes corpos a cor e a composição do material são fatores extremamente relevantes. Outro resultado interessante é que espectro de radiância se desloca para frequências maiores à medida que a temperatura aumenta. Este resultado ficou conhecido como a Lei do Deslocamento de Wien

$$\nu_{max} / \bar{T} = 2,898 \times 10^{-3}(m \times K) \qquad (2.2)$$

em que ν_{max} é a frequência na qual R_T tem seu valor máximo para uma dada temperatura.

Uma cavidade também se comporta como um corpo negro. A radiação térmica que incide sobre o orifício entra na cavidade e é repetidamente refletida pelas suas paredes. Se a área do orifício for muito pequena comparada ao interior da cavidade, podemos considerar que toda a radiação será absorvida no interior da cavidade e o orifício será um absorvedor ideal, caracterizando um corpo negro.

Fonte: Disponível em:<https://sites.google.com/site/carlosaugustopassos/home/intro-a-fisica-moderna>. Acesso em: 10 jul 016.

1.2. A constante de Planck

A Lei de Stefan-Boltzmann e a Lei de Wien não descreviam completamente a radiação térmica. Era necessária uma teoria que explicasse o espectro de radiação de corpo negro, ou seja, uma expressão para radiância espectral que explicasse os pontos observados experimentalmente. A densidade de energia espectral foi calculada por Rayleigh-Jeans utilizando o princípio da equipartição da energia da teoria clássica da Termodinâmica. Ele obteve uma equação para $R_T(\lambda)d\lambda$ da forma em que k é a constante de Boltzmann. Essa expressão concorda com os resultados experimentais somente no limite de grandes comprimentos de onda. Para pequenos valores de λ o modelo de Rayleigh-Jeans diverge. Este resultado ficou conhecido como a *catástrofe do ultravioleta*. Por volta de 1900, o físico alemão Max Planck propôs uma nova formulação para a radiação de corpo negro que não considerava o princípio clássico de equipartição de energia. Ele sugeriu que o problema para as altas frequências (λ pequeno) poderia ser eliminado se existisse uma energia de corte tal que $\bar{E} \rightarrow 0$ se $\nu \rightarrow \infty$, ou seja, o valor médio da energia tende a zero se $\nu \rightarrow \infty$. Planck então sugeriu que a energia média é uma função da frequência e mostrou que as variações das energias térmicas de um corpo negro só poderia assumir valores múltiplos de uma certa quantidade, ou seja,

$$\overline{E} = 0, \Delta E, 2\Delta E, 3\Delta E \ldots \quad (2.3)$$

Planck queria mostrar que $\bar{E} \approx kT$ quando a diferença de energia ΔE fosse pequena e que $\bar{E} \approx 0$ se ΔE fosse grande. Então, ele precisava obter uma expressão em que ΔE fosse uma função crescente de ν. Planck propôs que $\Delta E \propto \nu$ e a constante de proporcionalidade é a chamada *constante de Planck*, h. Em outros termos,

$$\Delta E = h\nu . \qquad (2.4)$$

Planck obteve o valor desta constante que melhor ajustava seu resultado aos dados experimentais. O valor considerado foi de

$$h = 6{,}63 \times 10^{-34}\ J.s. \qquad (2.5)$$

A expressão obtida por Planck para a radiância é da forma

$$R_T(\nu) = \frac{8\pi^2 h\nu}{c^3\left(e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1\right)} d\nu . \qquad (2.6)$$

Essa ficou conhecida como Lei da Radiação de Planck para o corpo negro. A lei de Stefan-Boltzmann e a Lei de deslocamento de Wien podem ser obtidas pela fórmula de Planck. Por toda a sua contribuição para as bases da Teoria Quântica, Max Planck ganhou o Prêmio Nobel em 1918.

Em 1905, partindo da teoria de Planck, Einstein sugeriu que “na propagação de um raio de luz emitido por uma fonte puntiforme, a energia não é continuamente distribuída sobre volumes cada vez maiores de espaço, mas consiste em um número finito de quanta de energia, localizados em pontos do espaço, que se movem sem se dividir e que podem ser absorvidos ou gerados somente como unidades integrais”. Em outras palavras, Einstein propôs que a luz era composta de pequenos pacotes cada um com uma energia $E = h\nu$. Esses pacotes de energia foram, mais tarde, denominados fótons. Com esta hipótese Einstein generaliza a ideia de Planck, recupera a ideia de Newton que acreditava ser a luz composta de pequenas partículas e introduz a quantização do campo eletromagnético. A constante de Planck provou ser a constante fundamental da teoria quântica.

Fonte: Disponível em:<https://sites.google.com/site/carlosaugustopassos/home/intro-a-fisica-moderna>. Acesso em: 10 jul 2016.

2. Experimentos

2.1. Experimento 2: Radiação de Corpo Negro

Desde dezembro de 2010, as garrafas térmicas têm sido alvo de inspeções minuciosas nos aeroportos do mundo, por causa da ameaça delas serem utilizadas para esconder e transportar explosivos ou outros tipos de materiais ilegais, pois garrafas térmicas falsas podem ter suas paredes interiores feitas de materiais que "enganem" os raios-X. Então o que torna a garrafa térmica interessante para esconder líquidos explosivos? Como uma garrafa está relacionada com a radiação de corpo negro? (Disponível em: http://www.infoescola.com/curiosidades/garrafa-termica/. Acesso em 27 jul 2016).

A resposta passa pelo conceito de corpo negro. E considerando as propriedades de radiação térmica deste objeto, Podemos definir o corpo negro como um objeto que absorve toda radiação eletromagnética incidente sobre ele, ou seja, um absorvedor ideal. Além disso, é também o emissor ideal, ou seja, para uma dada temperatura, é o corpo que emite a maior potência por unidade de área. Um corpo cuja superfície é preta e fosca pode ser considerado uma aproximação de corpo negro. Porém, um corpo negro a temperatura extremamente alta pode ser bastante brilhante e colorido. Astrônomos frequentemente aproximam uma estrela por um corpo negro.

Agora, realizaremos um experimento que visa estudar a absorção e emissão de radiação por um corpo negro. Com a realização deste, algumas questões poderão ser respondidas: Por que as garrafas térmicas são espelhadas? Uma lâmpada incandescente pode aquecer uma lata de alumínio? E se a lâmpada for retirada, o que acontece com a temperatura da lata?

Os seguintes materiais estarão disponíveis para uma possível experimentação a ser realizada:

- Kit educacional 1 ;
- Água.

Mãos à obra!

Essa atividade investigativa possui um roteiro que deve ser desenvolvido na forma de um texto dissertativo para explicitar como o conhecimento foi produzido nesta atividade. No texto você deve apresentar:

I- quais os objetivos estabelecidos pelo grupo para desenvolver a atividade de investigação;

II- quais as hipóteses apresentadas para a solução do problema;

III- quais os procedimentos que o grupo estabeleceu para a solução do problema (explicar o passo a passo, justificando os caminhos percorridos para o alcance da solução do problema);

IV- quais os resultados encontrados e analisar se as hipóteses apontadas na proposição da solução do problema se confirmam ou não;

V- indicar uma conclusão que represente a investigação do problema apresentado.

REFERÊNCIA

HALLIDAY. D.; RESNICK .R. e WALKER .J.; **Fundamentos de Física**, Vol IV, Óptica e Física Moderna, Editora LTC, 8ª edição (2008).

LIMA, D. C. A.. **Laboratório de Física Moderna**. Vitória: Universidade Federal do Espírito Santo, Núcleo de Educação Aberta e à Distância, 2012.

EISBERG .R. e RESNICK .R., **Física Quântica**, Editora Campus, 27ª Edição (1979).

Grupo:_____

Diário de Bordo

2.2. Experimento 3: Medida da constante de Planck

[...] Em 1900 o físico e matemático alemão Max Karl Ernest Ludwig Planck (1858-1947), disse que a energia não seria contínua, como se pensava anteriormente. Sua teoria dizia basicamente o seguinte: “A radiação é absorvida ou emitida por um corpo aquecido não sob a forma de ondas, mas por meio de pequenos “pacotes” de energia.”

[...] Albert Einstein usou essa hipótese de Max Planck para explicar os resultados obtidos em seus trabalhos sobre o efeito fotoelétrico em 1905. Max Planck é considerado o pai da teoria quântica, o que lhe valeu o Prêmio Nobel de Física em 1918 (Disponível em:<http://brasilescola.uol.com.br/quimica/teoria-max-planck.htm>). Acesso em: 01 ago 2016.

Como Planck chegou a esta informação (corpo negro)? Como Einstein concluiu que a luz se comporta como partícula?
Neste experimento iremos obter o valor da constante de Planck a partir da luz emitida por um LED (Light Emitting Diode). O seguinte material estará disponível para uma possível experimentação a ser realizada:

- Kit educacional 2.

Mãos à obra!

Essa atividade investigativa possui um roteiro que deve ser desenvolvido na forma de um texto dissertativo para explicitar como o conhecimento foi produzido nesta atividade. No texto você deve apresentar:
I- quais os objetivos estabelecidos pelo grupo para desenvolver a atividade de investigação;
II- quais as hipóteses apresentadas para a solução do problema;
III- quais os procedimentos que o grupo estabeleceu para a solução do problema (explicar o passo a passo, justificando os caminhos percorridos para o alcance da solução do problema);

IV- quais os resultados encontrados e analisar se as hipóteses apontadas na proposição da solução do problema se confirmam ou não;

V- indicar uma conclusão que represente a investigação do problema apresentado.

REFERÊNCIA

CAVALCANTE . M. A.; TAVOLARO C. R. C. e HAAG .R., **Física na Escola**, 6, 75 (2005).

CAVALCANTE .M. A.; E HAAG R., **Revista Brasileira de Ensino Física** 27, 343 (2005).

HALLIDAY. D.; RESNICK.R. e WALKER .J.; **Fundamentos de Fisica**, Vol IV, Óptica e Física Moderna, Editora LTC, 8ª edição (2008).

LIMA, D. C. A. de. **Laboratório de Física Moderna**. Vitória: Universidade Federal do Espírito Santo, Núcleo de Educação Aberta e à Distância, 2012.

DIONISIO .P. H., **Caderno Brasileiro de Ensino de Física.** 22, 147 (2005).

EISBERG .R.; RESNICK .R., **Física Quântica**, Editora Campus, 27ª Edição (1979).

MOURA.S. L. de; SILVA. F. I. da; SILVA . F. C. M. da, e SANTOS .J. A. V. dos, **Química Nona na Escola**, 33, 246 (2011)

Grupo:_____

Diário de Bordo

APÊNDICE E – ROTEIRO 3: O EFEITO FOTOELÉTRICO

Escola:			
Aluno(a):			Nº:
Série/turma:	Trimestre:	Valor:	NOTA:
Professor (a):			
Componente: Física			
Objetivo: Analisar a interação da radiação com a matéria, por meio do efeito fotoelétrico com uso de microcontrolador de baixo custo.			

ROTEIRO 3: O EFEITO FOTOELÉTRICO

CONTEÚDO

- O efeito fotoelétrico.

DESENVOLVIMENTO

1. Introdução

Por volta de 1886, o físico alemão Heinrich Hertz mostrou que uma descarga elétrica entre dois eletrodos ocorre mais facilmente quando se incide luz ultravioleta sobre um deles. Mais tarde, o físico Wilhelm Hallwachs estimulado por estes trabalhos de Hertz, mostrou que corpos metálicos irradiados com luz ultravioleta adquiriam uma carga positiva. Esse fenômeno foi explicado pelo físico alemão Phillip Lenard quando propôs que a luz ultravioleta era responsável pela emissão de partículas da superfície do metal. Foi o britânico Joseph John Thomson quem descobriu que as partículas emitidas da superfície são os elétrons. A emissão de elétrons de uma superfície devido à incidência de luz sobre ela é chamada *efeito fotoelétrico*. Para entender o efeito fotoelétrico, considere o esquema mostrado na figura 3.1.

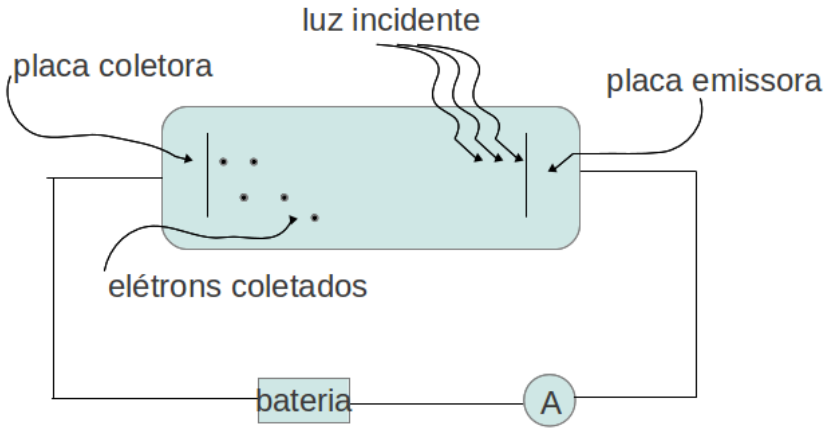


Figura 3.1: Diagrama esquemático para observar o efeito fotoelétrico

Quando a luz incide sobre a superfície metálica (catodo) os elétrons desta superfície podem ser ejetados, sem nenhum atraso, e se uma diferença de potencial ΔV é estabelecida entre as placas, os elétrons ejetados são coletados pela placa coletora (anodo) e podemos observar uma corrente fotoelétrica no circuito. A figura 3.2 mostra a corrente fotoelétrica em função da diferença de potencial.

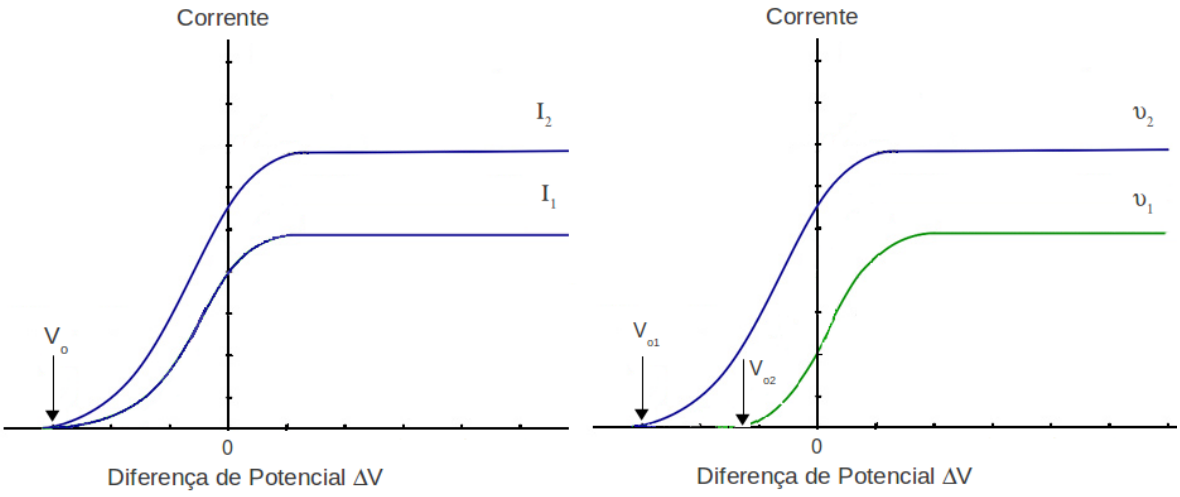


Figura 3.2: Variação da corrente fotoelétrica com a diferença de potencial aplicada às placas. I_1 e I_2 são as intensidades da luz incidente, ν_1 e ν_2 são as frequências e V_0 é o potencial de corte.

Se a diferença de potencial entre as duas placas for grande o suficiente, a corrente fotoelétrica atinge um valor constante, ou seja, todos os elétrons ejetados são

coletados no anodo. Se ΔV for reduzido a zero a corrente não será nula, porém se o sinal da diferença de potencial for invertido haverá um valor para $|\Delta V| = V_0$, chamado potencial de corte, em que a corrente fotoelétrica é zero.

Isso ocorre porque os elétrons emitidos, mesmo os de maior energia, são forçados a retornar ao catodo devido à mudança no sinal de ΔV. Neste caso, os elétrons perdem energia cinética e ganham energia potencial e o potencial de corte corresponde ao valor máximo da diferença de potencial necessária para que toda energia cinética se transforme em energia potencial, ou seja, $\Delta U = -\Delta K$. Uma vez que os elétrons mais energéticos tem energia cinética máxima, K_{max}, e a energia potencial de um elétron é $\Delta U = -e\Delta V$, podemos escrever

$$eV_0 = K_{max} \qquad (3.1)$$

A teoria ondulatória previa que a energia cinética dos elétrons ejetados deveria aumentar com o aumento da intensidade da luz incidente e portanto, o potencial de corte V_0 também aumentaria. No entanto, os experimentos mostravam que o potencial de corte não depende da intensidade I da fonte incidente como mostra a figura 3.2 e deve depender, no entanto, da frequência ν da luz incidente. Além disso, a teoria ondulatória previa que o efeito fotoelétrico deveria ocorrer para qualquer frequência da luz incidente o que não era observado. Se a frequência da luz incidente for menor do que um dado valor chamado frequência de corte, ν_0, o efeito não era observado.

Para explicar estas questões, Einstein propôs, em 1905, que a luz incidente sobre a placa emissora era compostas de fótons que transportam uma energia $E = h\nu$. Cada fóton incidente transfere esta energia a um único elétron da placa. Parte desta energia será usada para retirar o elétron da placa e o restante será a energia cinética máxima adquirida pelo elétron ejetado. Isso pode ser resumido na equação

$$h\nu = \varphi + K_{max} \qquad (3.2)$$

Nesta equação, φ é a chamada *função trabalho*, ou seja, é a energia necessária para que o elétron seja ejetado e só depende da natureza da placa emissora. Com essa expressão, Einstein explicou que se aumentamos a intensidade da luz incidente, o número de interações entre fótons e elétrons também é aumentado e

portanto, o número de elétrons ejetados também será maior. Isso, entretanto, não modifica o potencial de corte V_0, apenas o valor da corrente fotoelétrica é aumentada. Além disso, se $K_{max} = 0$ teremos que

$$h\nu_0 = \varphi \qquad (3.3),$$

o que significa que um fóton de frequência ν_0 tem exatamente a energia necessária para retirar um elétron da placa. Se a frequência for menor do que este valor nenhum elétron será ejetado e o efeito não será observado. Com esta teoria, Einstein recebeu o Prêmio Nobel em 1921.

Fonte: Disponível em:<https://sites.google.com/site/carlosaugustopassos/home/intro-a-fisica-moderna>. Acesso em: 10 jul 2016.

2. Experimento 4: Observando o efeito fotoelétrico

Do ponto de vista tecnológico, o efeito fotoelétrico é empregado em visores noturnos, fotômetros e dispositivos para aberturas de portas, escada rolante e iluminação pública.

Realizaremos um experimento para analisar a interação da radiação com a matéria, por meio do efeito fotoelétrico. O seguinte material estará disponível para uma possível experimentação a ser realizada:

- Kit educacional 3.

Mãos à obra!

Essa atividade investigativa possui um roteiro que deve ser desenvolvido na forma de um texto dissertativo para explicitar como o conhecimento foi produzido nesta atividade. No texto você deve apresentar:

I- quais os objetivos estabelecidos pelo grupo para desenvolver a atividade de investigação;

II- quais as hipóteses apresentadas para a solução do problema;

III- quais os procedimentos que o grupo estabeleceu para a solução do problema (explicar o passo a passo, justificando os caminhos percorridos para o alcance da solução do problema);
IV- quais os resultados encontrados e analisar se as hipóteses apontadas na proposição da solução do problema se confirmam ou não;
V- indicar uma conclusão que represente a investigação do problema apresentado.

REFERÊNCIA

CAVALCANTE. M. A.; TAVOLARO C. R.C.; SOUZA. D. F. de e MUZINATTI. J., **Física na Escola**, 3, 24 (2002).

EISBERG. R. e RESNICK.R., **Física Quântica**, Editora Campus, 27ª Edição (1979).

LIMA, D. C.A.. **Laboratório de Física Moderna**. Vitória: Universidade Federal do Espírito Santo, Núcleo de Educação Aberta e à Distância, 2012.

PEREIRA. D. R. de O. e AGUIAR .O., Rev. **Ponto de Vista**, 3, 65.

VALADARES. E. de C. e A. MOREIRA. M., **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, 15, 359 (1998).

Grupo:_____

Diário de Bordo

APÊNDICE F – QUESTIONÁRIO FINAL (PÓS-TESTE)

Caro aluno,

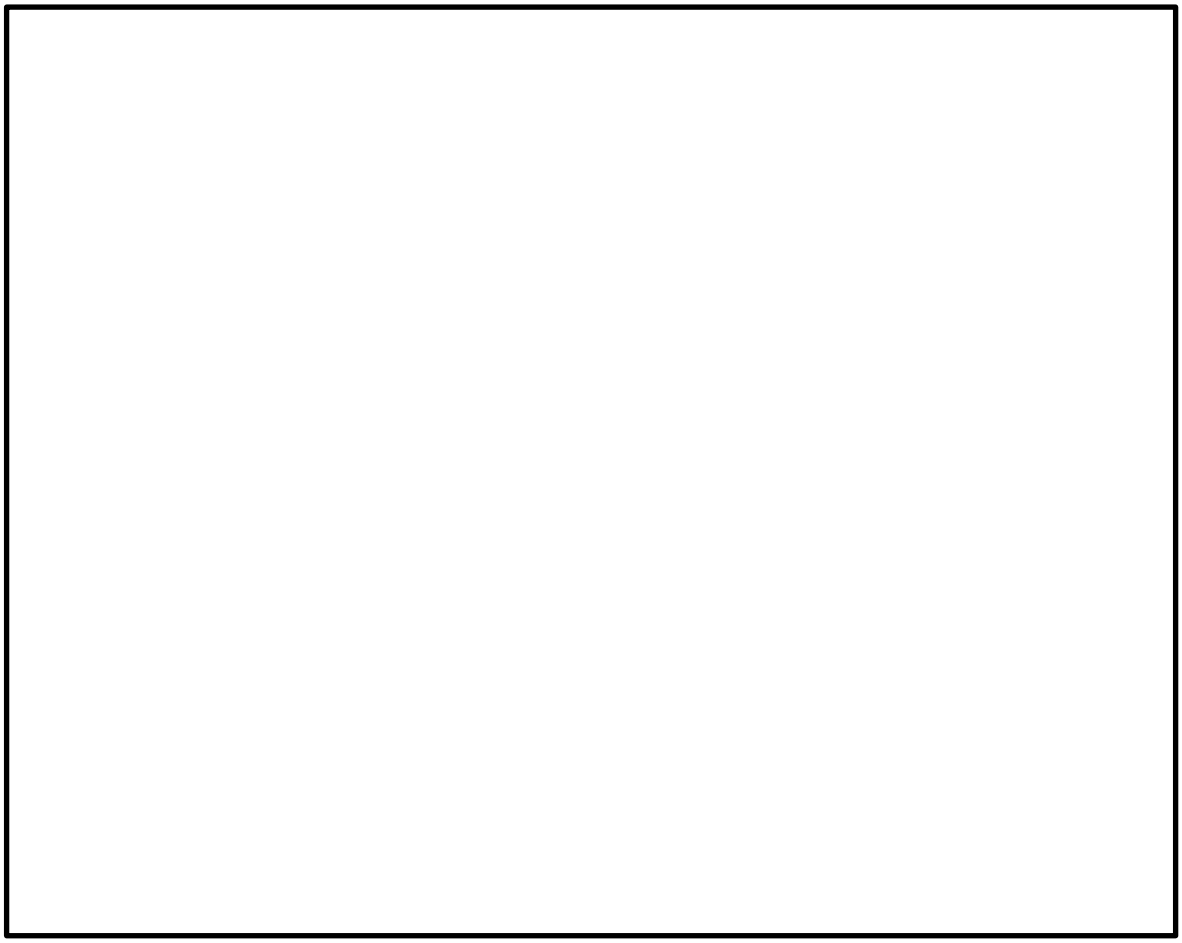
Este questionário tem como finalidade obter informações sobre sua aprendizagem. Espera-se que você responda a todas as perguntas de uma forma franca e sincera. As respostas dadas nesta pesquisa serão mantidas em absoluto segredo pelo pesquisador, em seus estudos de Mestrado Profissional em Ensino de Física.

Nome: _____

Série/Turma: _____

Questionário Final (Pós-Teste)

1. Construa, no espaço abaixo, um Mapa Conceitual sobre seu entendimento a respeito do que é a Luz.



2. Explique, detalhadamente, o Mapa Conceitual que você construiu.

APÊNDICE G – QUESTIONÁRIO DE OPINIÃO

Caro aluno,

Este questionário tem como finalidade obter informações sobre sua aprendizagem. Espera-se que você responda a todas as perguntas de uma forma franca e sincera. As respostas dadas nesta pesquisa serão mantidas em absoluto segredo pelo pesquisador, em seus estudos de Mestrado Profissional em Ensino de Física.

Nome: _____

Série/Turma: _____

Considerando as atividades investigativas desenvolvidas ao longo das últimas aulas, responda ao questionário a seguir:

1) Como foi a contribuição de cada atividade investigativa descrita conceitualmente para a sua aprendizagem do conteúdo proposto?

Escala: 5- Ótima 4- Boa 3- Satisfatória 2- Deficiente 1- Péssima

	1	2	3	4	5
A velocidade da luz					
Radiação de Corpo Negro					
Medida da constante de Planck					
Observando o Efeito fotoelétrico					
Comentários/críticas/sugestões:					

2) As atividades investigativas contribuíram para despertar o seu interesse para aprender o conteúdo proposto?

Escala: 5- Ótima 4- Boa 3- Satisfatória 2- Deficiente 1- Péssima

	1	2	3	4	5
A velocidade da luz					
Radiação de Corpo Negro					
Medida da constante de Planck					
Observando o Efeito fotoelétrico					
Comentários/críticas/sugestões:					

3) Como foi a sua participação e dedicação durante a realização das atividades investigativas?

Escala: 5- Ótima 4- Boa 3- Satisfatória 2- Deficiente 1- Péssima

	1	2	3	4	5
A velocidade da luz					
Radiação de Corpo Negro					
Medida da constante de Planck					
Observando o Efeito fotoelétrico					
Comentários/críticas/sugestões:					

4) Para você cada metodologia que foi utilizada nas aulas é melhor que a metodologia tradicional?

Escala: 5- Ótima 4- Boa 3- Satisfatória 2- Deficiente 1- Péssima

	1	2	3	4	5
A velocidade da luz					
Radiação de Corpo Negro					
Medida da constante de Planck					
Observando o Efeito fotoelétrico					
Comentários/críticas/sugestões:					

APÊNDICE H – QUESTIONÁRIO: PROFESSOR DE FÍSICA

Caro educador,

Este questionário tem como finalidade obter informações sobre o processo de ensino e aprendizagem da Física no Ensino Médio. Espera-se que você responda a todas as perguntas de uma forma franca e sincera. As respostas dadas nesta pesquisa serão mantidas em absoluto segredo pelo pesquisador, em seus estudos de Mestrado Profissional em Ensino de Física.

Nome: _____

Escola: _____

(1) Você trabalha na rede de ensino:

( ) Pública – municipal.

( ) Pública – estadual.

( ) Pública – federal.

( ) Particular.

(2) Há quanto tempo você leciona a disciplina de Física?

_____

(3) Há quanto tempo você leciona nesta Escola?

( ) Menos de 1 ano.

( ) De 1 a 2 anos.

( ) De 2 a 4 anos.

( ) De 4 a 6 anos.

( ) De 6 a 8 anos.

( ) De 8 a 10 anos.

( ) Mais de 10 anos.

(4) Qual a sua formação acadêmica?

( ) Superior incompleto. Qual o curso? _____

( ) Superior completo. Qual o curso? _____

(5) Em relação à Pós-Graduação você:

( ) possui.Qual(is)? _____

( ) está cursando. Qual(is)? _____

( ) pretende cursar. Qual(is)? _____

( ) não pretende cursar.

(6) a) Em sua escola há recursos suficientes para aulas experimentais (Laboratório de Ciências, Laboratório de Informática, instrumentos de precisão)?

( ) Sim. Os recursos existentes são suficientes.

( ) Não. Os recursos existentes não são suficientes.

b) Em que medida as aulas experimentais contribuem para o aprendizado dos conteúdos de Física?

_____

_____

(7) Você realiza atividades experimentais com os seus alunos?

( ) Sim.

( ) Não. Por quê? _____

(8) O ensino de Física depende da existência de um laboratório na escola?

( ) Sim. Por quê? _____

( ) Não. Por quê? _____

(9) Em que medida você acredita que a formação continuada pode contribuir para a prática no ensino de Física?

( ) Não contribui.

( ) Pouco. Por quê? _____

( ) Muito. Por quê? _____

(10) O planejamento participativo (por áreas afins) pode contribui para implementar o desenvolvimento do trabalho do professor de Física?

( ) Sim.

( ) Não.

Por quê? _____

(11) Assinale as alternativas que identifiquem as estratégias que utiliza na organização do seu planejamento nas aulas de Física?

( ) Uso de materiais concretos.

( ) Conexões com dados/situações do cotidiano.

( ) Pesquisa em jornais, revistas, Internet.

( ) Filmes.

( ) Textos integrados com outras disciplinas.

( ) Construção de brinquedos didáticos e engenhocas.

( ) Trabalho individual.

( ) Trabalho em grupos.

( ) Experimentação.

( ) Problematização verbal de conceitos.

( ) Outro(s). Qual(is)? _____

(12) Assinale os tipos de problemas de Física que você trabalha em sala de aula?

( ) Qualitativos.

( ) Gráficos.

( ) Experimentais.

( ) De enunciados fechados.

( ) De enunciados abertos.

( ) Outro(s). Qual (is)? _____

(13) Na sua opinião, quais são as dificuldades encontradas no trabalho com a disciplina de Física, junto aos seus alunos?

( ) Interpretação do enunciado da situação problema.

( ) Identificação da operação a ser realizada ao ler e interpretar os dados dos problemas.

( ) Não organizam seu pensamento.

( ) Falta de domínio de conceitos básicos da Matemática.

( ) Não sabem aplicar os conteúdos de Física.

( ) Outra(s). Qual(is)? _____

APÊNDICE I – QUESTIONÁRIO SÓCIO-EDUCATIVO

Caro aluno,

Este questionário tem como finalidade obter informacões sobre sua aprendizagem. Espera-se que você responda a todas as perguntas de uma forma franca e sincera. As respostas dadas nesta pesquisa serão mantidas em absoluto segredo pelo pesquisador, em seus estudos de Mestrado Profissional em Ensino de Física.

Caracterização Sócio-educativa

Nome: _____

(1) Sexo
( ) Masculino
( ) Feminino

(2) Qual é a sua idade?
_____

(3) Quantos irmãos você tem?
_____

(4) Já repitiu alguma série?
( ) Não
( ) Sim
Qual(is)?_____

(5) Qual(is) a(s) disciplina(s) abaixo, você gosta de estudar?
( ) Lingua Portuguesa
( ) Biologia
( ) Inglês
( ) Espanhol

( ) Arte
( ) Educação Física
( ) Matemática
( ) Geografia
( ) História
( ) Física
( ) Química
( ) Filosofia
( ) Sociologia

(6) Tem hora estabelecida para estudar em casa?
( ) Sim. Quanto tempo? _____
( ) Não

(7) Qual o nome do bairro e município onde você mora?
_____

(8) Qual é o meio de transporte que você utiliza para ir para a Escola?
_____

(9) Quanto tempo gasta para ir de casa até a Escola?
( ) Menos de 10 minutos
( ) De 10 a 20 minutos
( ) De 20 a 30 minutos
( ) De 30 a 60 minutos
( ) De 60 a 90 minutos

(10) Qual é o grau de escolaridade de seus pais?
( ) Nunca estudou
( ) Estudou até a 4ª Série (5º Ano)
( ) Estudou até a 8ª Série (9º Ano)
( ) Estudou até a 3ª Série do Ensino Médio
( ) Superior completo
( ) Superior incompleto

( ) Pós graduado

(11) Você já praticou algum tipo de trabalho remunerado?

( ) Sim

( ) Não

( ) Não sei responder

(12) Já participou de algum trabalho voluntário?

( ) Já participei

( ) Nunca participei

( ) Não me recordo

(13) Qual é sua principal diversão nos finais de semana?

_____

(14) Qual(is) é(são) o(s) programa(s) de TV que você gosta?

( ) Desenho animado

( ) Filmes

( ) Novelas

( ) Noticiários

( ) Programas de auditórios

( ) Documentários

( ) Outros

(15) Já escolheu a profissão que gostaria de exercer?

( ) Sim

( ) Não

( ) Ainda não pensei neste assunto

ANEXO

PROGRAMA DE PÓS- GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

LEONARDO PEREIRA MONTEIRO

GUIA DIDÁTICO PARA O USO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA DE CONCEPÇÕES DA DUALIDADE DA LUZ ONDA-PARTÍCULA PARA ESTUDANTES DA 3ª. SÉRIE DO ENSINO MÉDIO: UMA ABORDAGEM COM "MICROCONTROLADORES"

CARIACICA
2017

Caro colega professor,

Esta sequência didática, dirigida principalmente a você, professor da Educação Básica e atuante do Ensino Médio, foi elaborada com o objetivo de possibilitar uma abordagem mais significativa e contextualizada para os alunos sobre a natureza da luz, mais especificamente sobre dualidade onda-partícula com Microcontroladores de modo que também ofereça aos docentes uma nova possibilidade de se trabalhar esse conteúdo sob a perspectiva de que o aluno seja sujeito ativo no desenvolvimento do seu processo de aprendizagem.

Dessa forma esperamos que, você docente, que sempre está em busca de novas estratégias e método de ensino, possa utilizar o nosso roteiro de atividades em seu planejamento didático e que ele possa contribuir positivamente no ensino do conteúdo sobre a Natureza da Luz e a dualidade onda-partícula em suas aulas.

O roteiro em questão dispõe de estratégias que irão possibilitá-lo a realizar um trabalho mais motivador e efetivo para seus alunos. Com base nos conhecimentos prévios, no ensino por investigação e na aprendizagem significativa apresentamos um novo caminho para o desenvolvimento do aprendizado da ciência em que você é o mediador da evolução do saber científico dos jovens do Ensino Médio.

Na certeza de que o trabalho contextualizado no qual a inter-relação professor/aluno e aluno/aluno facilitam e vencem os tabus de que o ensino da Física é algo muito difícil, acreditamos que as estratégias por nós apresentadas poderão contribuir de forma significativa no processo de ensino e aprendizagem, uma vez que elas foram elaboradas, sobretudo, para que os alunos possam cientificamente, observar, testar, experimentar, problematizar, propor soluções e construir novos saberes.

Assim, apresentamos a seguir nossa sequência didática seguida por dicas e sugestões de aplicações.

Professor Leonardo

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 3
1.1 OBJETIVO GERAL 4
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 4
1.3 DESENVOLVIMENTO DAS AULAS 4
1.3.1 Estágio 1 - Questionário prévio (Pré-Teste) 4
1.3.2 Estágio 2 – Aula expositiva dialogada 5
1.3.3 Estágio 3 – A velocidade da luz 6
1.3.4 Estágio 4 – Radiação térmica 7
1.3.5 Estágio 5 – A constante de Planck 11
1.3.6 Estágio 6 – O efeito fotoelétrico 17
1.3.7 Estágio 7 – Questionário final (Pós-Teste) 20
2. REFERÊNCIAS 21
APÊNDICES 23

SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Tema: A natureza da luz.

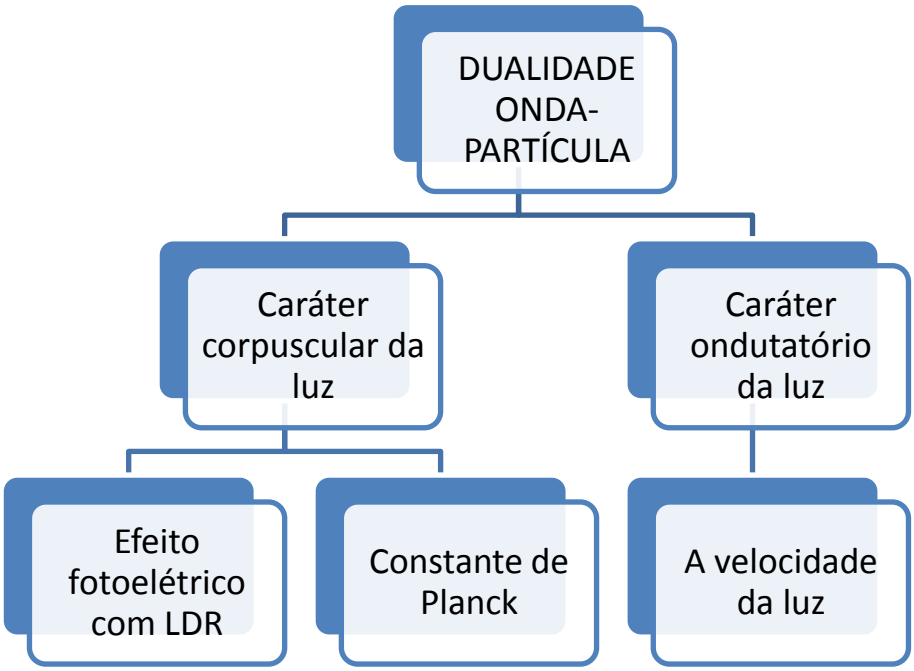
Tempo estimado: 12 aulas de 55 minutos.

Material/ambiente necessário: Projetor de imagens; um forno de micro-ondas; um prato para micro-ondas; papel para fax; réguas com escala milimetrada; experimentos com uso de microcontroladores: Kit Educacional 1, Kit Educacional 2; Kit Educacional 3; Laboratório de Ciências.

1. INTRODUÇÃO

A proposta desta sequência didática é mostrar o caráter dual da luz. O estudante de 3ª Série do Ensino Médio deverá ser capaz de responder qual é a natureza da luz utilizando o esquema abaixo:

FIGURA 01 - INTERLIGAÇÃO DOS CONCEITOS DE DUALIDADE ONDA-PARTÍCULA



1.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar se a inserção de experimento de baixo custo usando “microcontroladores” modificam os modelos sobre natureza da luz para os estudantes de 3ª. Série do Ensino Médio.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Verificar a concepção dos alunos sobre a natureza da luz;
- ✓ Descrever o conceito de dualidade, ondas eletromagnéticas, quantização de energia e fótons de luz a partir de situações problemas do cotidiano dos alunos por meio de aula expositiva dialogada;
- ✓ Realizar uma atividade de Laboratório Aberto para medir a velocidade da luz a partir da radiação de micro-ondas;
- ✓ Realizar uma atividade de Laboratório Aberto para estudar a absorção e emissão de radiação por um corpo negro com uso de microcontrolador de baixo custo;
- ✓ Realizar uma atividade de Laboratório Aberto para obter o valor da constante de Planck a partir da luz emitida por um LED (Light Emitting Diode) com uso de microcontrolador de baixo custo;
- ✓ Realizar uma atividade de Laboratório Aberto para analisar a interação da radiação com a matéria, por meio do efeito fotoelétrico com uso de microcontrolador de baixo custo;
- ✓ Caracterizar a aprendizagem significativa adquirida pelos os alunos do 3º Ano do Ensino Médio a partir da utilização de recursos desenvolvidos e ou relacionados na proposta sobre a natureza da luz.

1.3 DESENVOLVIMENTO DAS AULAS

1.3.1 Estágio 1 - Questionário prévio (Pré-Teste)

Objetivos

- ✓ Identificar o nível de conhecimento que os alunos possuem sobre o tema, o conhecimento prévio;
- ✓ Aplicar um questionário com uma questão dissertativa em que o aluno precisa responder “o que é Luz?”.

Metodologia:

- ✓ Aplicar o pré-teste para identificar os conhecimentos prévios dos alunos. Este deve ser respondido individualmente e sem interferência do aplicador. Os recursos utilizados necessários são: folha impressa com o questionário; caneta ou lápis; borracha.

1.3.2 Estágio 2 – Aula expositiva dialogada

Objetivos

- ✓ Introduzir os conceitos físicos importantes para a compreensão de conteúdos como o da dualidade, ondas eletromagnéticas, quantização de energia e fótons de luz, utilizando uma abordagem quântica, isto é, abordando a Física envolvida nesses temas;
- ✓ Abordar os conteúdos mencionados de maneira a evidenciar os conhecimentos físicos presentes e integrantes na modernidade que fazem parte do cotidiano da sociedade moderna.

Metodologia

- ✓ Utilizar slides como recurso para auxiliar a apresentação de modo que se possibilite descrever o conceito de dualidade, ondas eletromagnéticas, quantização de energia e fótons de luz a partir de situações problemas do cotidiano dos alunos por meio de aula expositiva dialogada.

1.3.3 Estágio 3 – A velocidade da luz

Objetivo

- ✓ Medir a velocidade da luz a partir da radiação de micro-ondas.

Metodologia

- ✓ Ler e discutir o Roteiro 1 com os alunos.
- ✓ Utilizar como recurso para o desenvolvimento desse estágio materiais como forno de micro-ondas, prato para micro-ondas, papel para fax e réguas com escala milimetrada para medir a velocidade da luz a partir da radiação de micro-ondas.
- ✓ Como forma de acompanhar o processo de aprendizagem dos alunos, solicite um relatório dessa atividade investigativa desenvolvido na forma de um texto dissertativo para comunicar como o conhecimento foi produzido na atividade.

Procedimentos

- ✓ Retire o prato giratório do micro-ondas.
- ✓ Coloque um pedaço de papel de fax em um prato que possa ser colocado no micro-ondas.
- ✓ Verifique a frequência das micro-ondas do seu forno. Você pode verificar a frequência em um adesivo colocado na parte de trás ou procure no manual do forno de micro-ondas. O valor mais frequente é 2.450 MHz ($2{,}45 \times 10^9$ Hz).
- ✓ Leve tudo ao forno de micro-ondas. Deixe o pedaço de papel de fax por 3s. Use a potência máxima do forno. Se necessário religue o forno de micro-ondas.
- ✓ Retire o prato do forno com cuidado para não se queimar e observe que aparecem alguns pontos marcados. A distância entre dois pontos marcados corresponde a dois máximos das micro-ondas e já sabemos que a distância entre dois máximos consecutivos de uma onda é o que chamamos de comprimento de onda.

- ✓ Meça essa distância e anote em uma tabela. Repita esse procedimento 5 vezes, substituindo por novos pedaços de papel de fax.
- ✓ Calcule o valor médio e o desvio padrão da medida.
- ✓ Usando a equação $c = \lambda\nu$ encontre o melhor valor para a velocidade de propagação da micro-onda e compare com o valor exato.

1.3.4 Estágio 4 – Radiação térmica

Objetivos

- ✓ Estudar a absorção e emissão de radiação por um corpo negro com uso de microcontrolador de baixo custo;
- ✓ Obter o valor da constante de Planck a partir da luz emitida por um LED (Light Emitting Diode) com uso de microcontrolador de baixo custo.

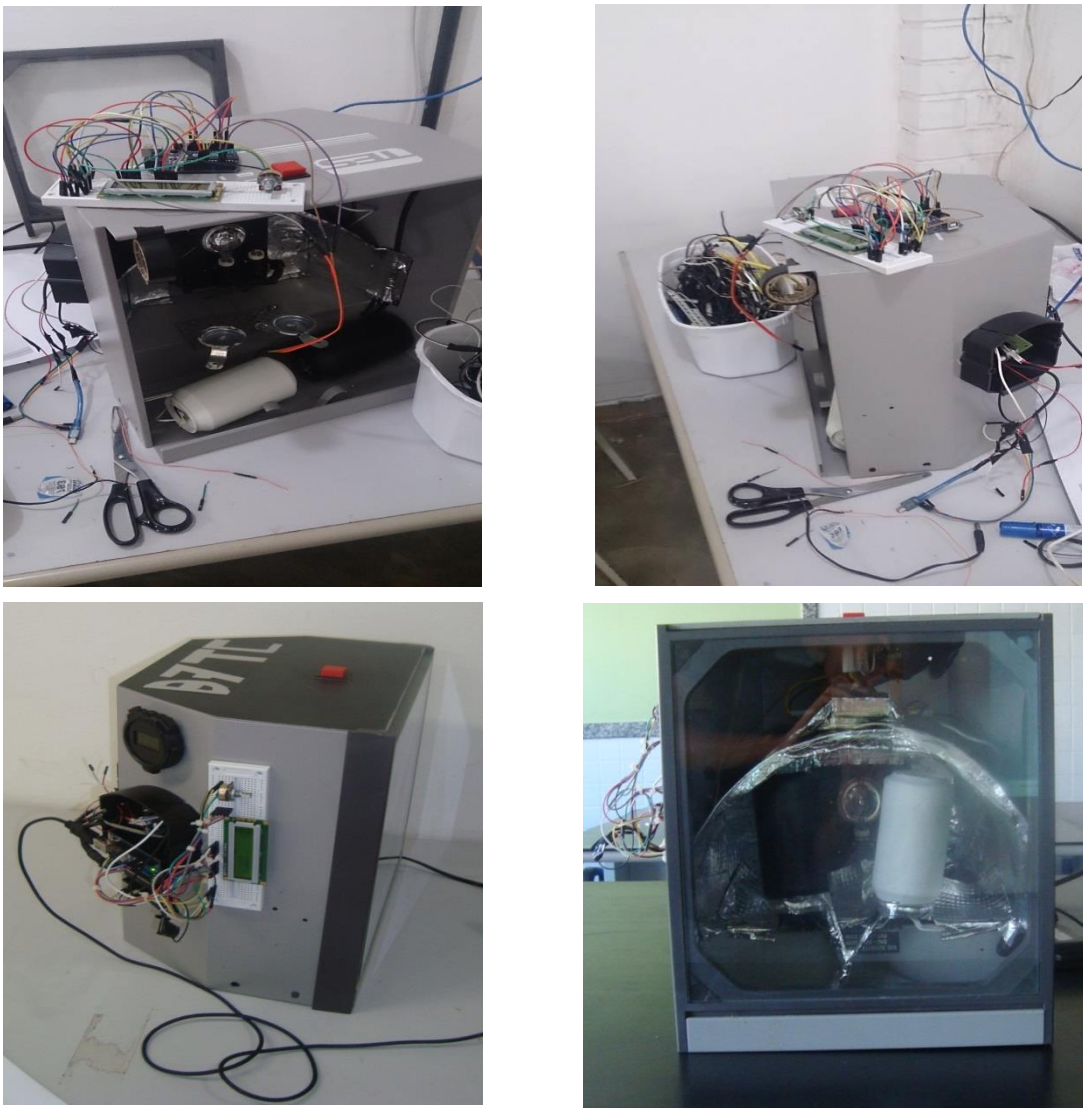
Metodologia

- ✓ Ler e discutir o texto “Radiação de corpo negro” do Roteiro 2 com os alunos.
- ✓ Utilizar como recurso didático o experimento 2 (Kit Educacional 1) envolvendo retroprojetor, duas latas de alumínio iguais (uma das latas pintadas com tinta branca e a outra com tinta preta), sensor de temperatura, lâmpada incandescente (300W) e cronômetro para se estudar a absorção de radiação por dois objetos de cores diferentes, exemplificando a teoria da radiação térmica.
- ✓ Solicitar o texto dissertativo conforme Estágio 3.

Experimento 2: Radiação de Corpo Negro

Para construir o Kit Educacional 1 é necessário uma sucata de um retroprojetor de forma que se aproveite sua estrutura. Como forma de vedação, para reter o calor gerado pelo filamento da lâmpada, coloca-se um pedaço de manta térmica etaflon 4mm. Seguindo o objetivo do projeto, é preciso preparar duas latas de alumínio de

330ml pintando de cor preta e a outra de cor branca. Em cada lata deve ser colocado o termômetro LM35. Com a estrutura fixada ligaremos os fios dos sensores na placa Arduino para processar as informações geradas pelos mesmos. Um display LCD 16x2 e um cronômetro devem ser colocados na lateral para a visualização dos valores das temperaturas e o tempo de aquecimento ou resfriamento. Para controlar o aquecimento deve ser colocado um mini cooler.



Fonte: Acervo do autor

Kit Educacional 1

A seguir apresentamos o programa com dois sensores LM 35, latas clara e escura:

```
#include <LiquidCrystal.h>
int pin1 = 1;
```

```
int pin2 = 2;
int tempc1 = 0;
int tempc2 = 0;
int samples[8];
int i;
LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);
byte a[8]= {B00110,B01001,B00110,B00000,B00000,B00000,B00000,B00000,};
void setup()
{
Serial.begin(9600);
pinMode(12, OUTPUT);
pinMode(11, OUTPUT);
 lcd.begin(16, 2);
lcd.print("ESCURO: ");
lcd.createChar(1, a);
lcd.setCursor(1,1);
lcd.print("CLARO: ");
lcd.createChar(2, a);
lcd.setCursor(4,2);
}
void loop()
{
for(i = 0;i<=7;i++){
samples[i] = ( 5.0 * analogRead(pin1) * 100.0) / 1024.0;
tempc1 = tempc1 + samples[i];
delay(100);
}
tempc1 = tempc1/8.0;
lcd.setCursor(13, 0);
lcd.print(tempc1,DEC);
tempc1=0;
for(i = 0;i<=7;i++) {
samples[i] = ( 5.0 * analogRead(pin2) * 100.0) / 1024.0;
tempc2 = tempc2 + samples[i];
```

```
delay(100);
}
tempc2 = tempc2/8.0;
delay(100);
lcd.setCursor(13, 1);
lcd.print(tempc2,DEC);
tempc2=0;
}
```

Procedimentos

- ✓ Utilize o Kit Educacional 1;

Fonte: Acervo do autor

Kit Educacional 1

- ✓ Ligue a lâmpada incandescente colocada próxima às latas de maneira simétrica;
- ✓ Anote a temperatura em cada lata a cada minuto até que a temperatura se estabilize;
- ✓ Desligue a lâmpada e meça novamente a temperatura a cada minuto.
- ✓ Anote seus dados em uma tabela e faça o gráfico de Temperatura X Tempo. Você terá dois conjuntos de valores: Um para a absorção (aquecimento das latas) e outro para a emissão (das latas) e, portanto terá que fazer dois gráficos para cada lata;

- ✓ Obtenha a taxa de variação da temperatura para as duas latas.

1.3.5 Estágio 5 – A constante de Planck

Objetivo

- ✓ Obter o valor da constante de Planck a partir da luz emitida por um LED (Light Emitting Diode) com uso de microcontrolador de baixo custo.

Metodologia

- ✓ Ler e discutir o texto “A constante de Planck” do Roteiro 2 com os alunos.
- ✓ Utilizar como recurso didático o experimento 3 (Kit Educacional 2) envolvendo LEDs de 4 cores diferentes, resistor de 330Ω, pilha de 6V, potenciômetro, fios para o arranjo experimental e microcontrolador de baixo custo (sensor de luz).
- ✓ Novamente use o texto dissertativo como forma de avaliar qualitativamente a produção do conhecimento posto pela atividade.

Experimento 3: Medida da constante de Planck

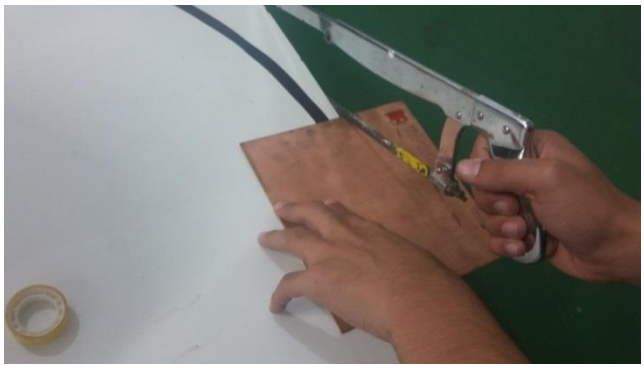
Neste experimento utilizaremos o Kit Educacional 2. A seguir temos a lista de material a ser utilizado para a confecção da placa do circuito que compõe o Kit:

- ✓ Uma cópia do Layout do circuito;
- ✓ Uma placa de fenolite cobreado virgem (dimensões 10cm x 16cm);
- ✓ Uma serrinha de cortar ferro com seu respectivo Arco;
- ✓ Uma lixa comum para tirar rebarbas;
- ✓ Um lápis e uma régua para demarcação;
- ✓ Um perfurador para placas;
- ✓ Caneta para retroprojetor;
- ✓ Um pote ou 300 gramas de percloreto de ferro (solução corrosiva);
- ✓ Um recipiente de plástico resistente ao calor.

Todo o projeto é feito em uma placa de fenolite de 10 cm x 16 cm cuja montagem está no passo a passo abaixo:

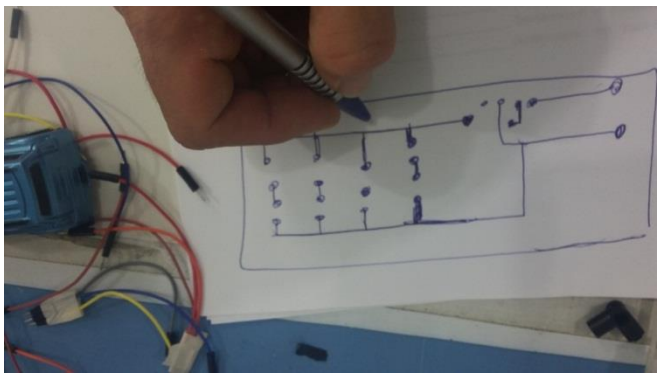
Fonte: Acervo do autor

1º) Corte a placa para o tamanho suficiente do projeto.



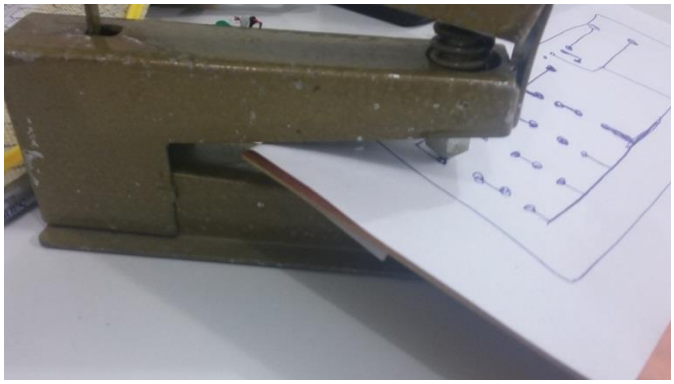
Fonte: Acervo do autor

2º) Faça o layout em um papel para as marcações dos furos na placa.



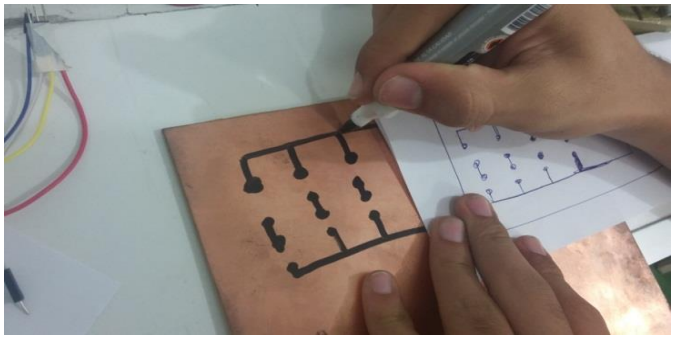
Fonte: Acervo do autor

3º) Realize a seguir, os furos na placa com o perfurador.



Fonte: Acervo do autor

4º) Com a caneta retroprojetora, faça a traçagem das trilhas orientando-se sempre pelos furos e pela outra cópia do layout.



Fonte: Acervo do autor

5º) Com a solução pronta mergulhe no balde a placa presa a um barbante.

Fonte: Acervo do autor

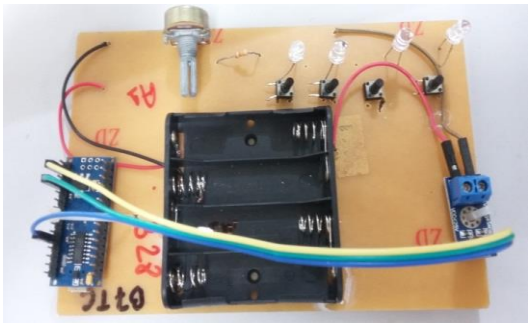
6º) Terminada a corrosão, retire com cuidado a placa da solução e lave-a com água em abundância.

Fonte: Acervo do autor

7º) Estando a placa já seca, remova a tinta da traçarem.

8º) Após a confecção da placa faremos as soldagens dos componentes eletrônicos. Utilize um alicate de bico para dobrar os componentes e um alicate de corte para cortar o excesso dos terminais dos componentes após soldá-los. Siga a orientação de montagem a seguir:

- ✓ Colocar os quatros leds e seus respectivos sensores de toque;
- ✓ Ligar um potenciômetro em série com a fonte de quatro pilhas;
- ✓ Colocar paralelo ao circuito dos leds o sensor de voltagem;
- ✓ Conectar o sensor de voltagem a placa Arduino nano.



Fonte: Acervo do autor

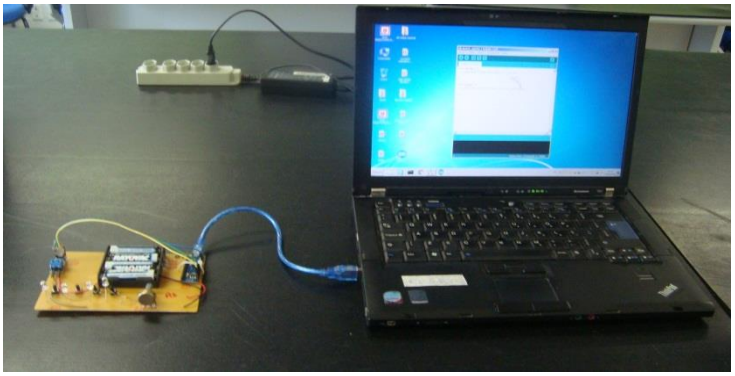
Kit Educacional 2

A seguir apresentamos o programa para medir tensão no LED:

```
#include <Wire.h>
int sensorTensãoDC = A1;
float valorTensãoDC;
int amostragem =1000;
float mediaTotalTensãoDC =0;
float valorFinalTensãoDC = 0;
float R1 = 30000.0;
float R2 = 7500.0;
int sensorValue_aux = 0;
float voltsporUnidade = 0.0048;// 5%1023
void setup(){
analogReference(DEFAULT);
Serial.begin(9600);
pinMode(sensorTensãoDC, INPUT);
delay(500);
}
void loop() {
valorFinalTensãoDC = 0;
mediaTotalTensãoDC = 0;
for(int i=0; i < amostragem ; i++){
valorTensãoDC = analogRead(sensorTensãoDC);
valorTensãoDC =(valorTensãoDC*voltsporUnidade);
mediaTotalTensãoDC = mediaTotalTensãoDC+ (valorTensãoDC / (R2/(R1+R2)));
delay(1);
}
valorFinalTensãoDC = mediaTotalTensãoDC/amostragem;
Serial.print("TENSÃO  NO LED:");
Serial.print(valorFinalTensãoDC);
Serial.println(" VOLTS");
delay(1000);
}
```

Procedimentos

- ✓ Utilize o Kit Educacional 2;



Fonte: Acervo do autor

- ✓ Você precisa conhecer o comprimento de onda e a frequência de cada Led. Use $c = \lambda.\nu$ e obtenha a frequência de cada Led. Anote os valores de frequência obtidos;
- ✓ Varie o potenciômetro e observe o limiar da diferença de potencial medida pelo multímetro quando o Led começa a acender. Repita esse procedimento 5 vezes, anote os valores de V_{limiar} e tome o valor médio. Faça o mesmo com todos os Leds;
- ✓ Faça um gráfico de V_{limiar} versus frequência ν ;
- ✓ Obtenha o coeficiente de inclinação desta curva;
- ✓ Usando a equação a seguir,

$$E = h.\nu = e.V_{limiar}$$

$$V_{\lim iar} = \frac{h}{e}\nu$$

em que $e = 1{,}60\times10^{-19}\ C$ é a carga elementar. Veja que $\frac{h}{e}$ corresponde à inclinação da reta na curva $V_{limiar} \times \nu$. Com base em seu gráfico obtenha o valor para a constante de Planck. Estime o erro de sua medida. Compare seu resultado com o valor esperado.

1.3.6 Estágio 6 - O efeito fotoelétrico

Objetivo

- ✓ Analisar a interação da radiação com a matéria, por meio do efeito fotoelétrico com uso de microcontrolador de baixo custo.

Metodologia

- ✓ Ler e discutir o texto “O efeito fotoelétrico” do Roteiro 3 com os alunos.
- ✓ Utilize como recurso didático o experimento 3 (Kit Educacional 3) envolvendo LDR (Light Dependent Resistor), cartolina preta, fios para o arranjo experimental e microcontrolador de baixo custo (sensor de luz).
- ✓ A atividade a solicitada, mais uma vez será um texto dissertativo segundo o Estágio 03.

Experimento 4: Observando o efeito fotoelétrico

O LDR (Resistor Dependente de Luz) é um tipo de resistor que varia de resistência à partir da luminosidade captada do ambiente. Ele apresenta como característica a variação da resistência com a variação da luminosidade, ou seja, quando a luminosidade aumenta a sua resistência diminui e quando a luminosidade diminui a sua resistência aumenta para ondem de KΩ. Por meio dessa característica pode-se utilizar esse sensor para detectar a luminosidade do ambiente, para tomar uma decisão, como por exemplo, ligar uma lâmpada, como ocorre nas fotocélulas.

Neste projeto iremos fazer a leitura do sensor LDR que está no Módulo Sensor de Luz e Luminosidade LDR para Arduino. Por meio de uma entrada analógica do Arduino, que irá converter o sinal analógico em digital, entre 0 a 1023 conforme a quantidade de luz no ambiente. Com este valor pode-se verificar a variação luminosa no terminal serial, e testar diferentes intensidades luminosas para ver o funcionamento do sensor. Você também poderá ver os valores lidos no LDR no Serial Monitor da IDE do Arduino. Você pode alterar a leitura da iluminação

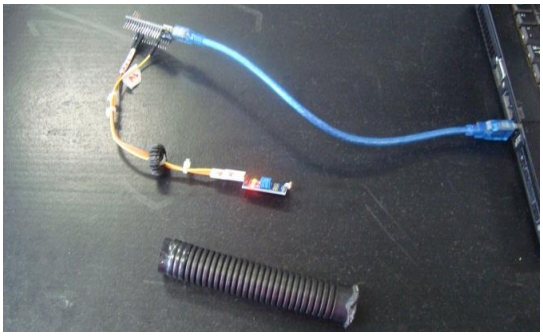
aproximando ou afastando a mão do sensor LDR. A seguir listamos os materiais necessários para a montagem do Kit Educacional 3:

- ✓ Módulo Sensor de Luz e Luminosidade LDR para Arduino;
- ✓ Um Arduino NANO;
- ✓ Fios jumper.

Abaixo o conjunto a ser montado:

Fonte: Acervo do autor

Faça um tubo de PVC preto com diâmetro idêntico ao LDR. Colocaremos o sensor (Módulo Sensor de Luz e Luminosidade LDR para Arduino), dentro de um tubo de PVC com uma das extremidades aberta, para controle da variação da luminosidade. Todo o conjunto ficará conforme a figura abaixo:



Fonte: Acervo do autor

Kit Educacional 3

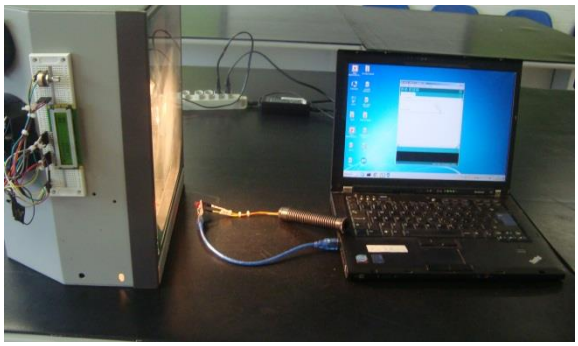
A seguir apresentamos o programa para o Arduino Nano:

```
int sensorLDR = A1;
int valor1;
void setup(){
pinMode(sensorLDR, INPUT);
```

```
Serial.begin(9600);
}
void loop(){
valor1 = 0;
valor1 = analogRead(sensorLDR);
delay(1);
valor1 = analogRead(0);
float tensao=(valor1*0.005);
Serial.print("TENSÃO PROPORCIONAL A INTENSIDADE DA LUZ : ");
Serial.print(tensão);
Serial.println(" VOLTS");
delay(1000);
}
```

Procedimentos

- ✓ Utilize o Kit Educacional 3.



Fonte: Acervo do autor

- ✓ No outro lado do tubo de papel aproxime uma lâmpada incandescente.
- ✓ Meça a tensão utilizando o Kit Educacional. Anote os valores.
- ✓ Cubra a entrada de luz do tubo com um pedaço de papel preto e observe o valor medido. Anote os valores. Repita as medidas 5 vezes e tome o valor médio da tensão. Obtenha o desvio padrão de sua medida.
- ✓ Dobre o papel ao meio e repita o procedimento do item anterior.
- ✓ Dobre mais uma vez e repita o processo.

1.3.7 Estágio 7 – Questionário final (Pós-Teste)

Objetivo

- ✓ Caracterizar a aprendizagem significativa adquirida pelos os alunos da 3ª Série do Ensino Médio a partir da utilização de recursos desenvolvidos e ou relacionados na proposta sobre a natureza da luz.

Metodologia

- ✓ Os participantes responderão individualmente a um questionário pós-teste impresso sobre o conteúdo de Física “Natureza da Luz” que estudados no decorrer dos estágios dessa sequência didática.
- ✓ Em segundo momento eles também responderão a um questionário de opinião de modo que possam relatar a aceitação ou não da sequência didática no qual deixariam suas impressões, críticas e sugestões.
- ✓ Não pode haver nenhuma interferência do aplicador nas respostas dos alunos.

2. REFERÊNCIAS

AMBRÓZIO, R. **Uma Intervenção Educacional com Enfoque no Ensino por Investigação:** Abordando as Temáticas Termodinâmica e Óptica. 2014. 88 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Programa de Pós Graduação em Ensino de Física, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2014.

AZEVEDO, M. C. P. S. **Ensino por investigação: problematizado as atividades em sala de aula**. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.). Ensino de Ciências: **unindo a pesquisa e a prática**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004. p. 19-33.

BORGES, A. T. **Novos rumos para o laboratório escolar de ciências**. Caderno Brasileiro. Ensino de Física. V. 19, n. 3: p. 291-313, dez., 2002.

CARVALHO, A. M. P. **Ensino e aprendizagem de ciências: Referenciais teóricos e dados empíricos das sequências de ensino investigativas (SEI)**. In: LONGHINI, M. D. (Org.) O Uno e o Diverso. Uberlândia: EDUFU, 2011, cap. 18, p. 253-266

CARVALHO, A. M. P**. O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas**. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.) Ensino de Ciências por investigação: Condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, 2013, cap. 1, p. 1-20.

CARVALHO, A. M. P.; Santos, E. I. ; Azevedo M. C. P. S.; Date, M. P. S.; Fuji, S.R.S.; Nascimento, V.B.(1999). **Termodinâmica:** Um ensino por investigação. 1. ed. São Paulo: Universidade de São Paulo -Faculdade de Educação, 1999.

CARVALHO, A. M. P., et al. **Ensino de Ciências: unindo a pesquisa e a prática**. São Paulo: Editora Thompson, 2004.

CARVALHO, A. M. P. As práticas experimentais no ensino de Física. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.). **Ensino de Física**. Coleção Ideias em Ação: Cengage Learning, 2011. P. 53-78.

CARVALHO, A. M. P. Laboratório Aberto. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.). **Calor e Temperatura**: um ensino por investigação. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2014. P. 71-79.

COELHO, G. R. O entendimento dos estudantes sobre a natureza da luz em um currículo recursivo. **Caderno Brasileiro. Ensino de Física.** V. 27, n. 1: p. 63-87, abr., 2010.

LIMA, Denise da Costa Assafrão de. **Laboratório de Física Moderna**. Vitória: Universidade Federal do Espírito Santo, Núcleo de Educação Aberta e à Distância, 2012.

MUNFORD, D.; LIMA, M. E. C. C. E. Ensinar Ciências por investigação: Em quê

estamos de acordo? Ensaio. **Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 9, p. 20, 2007.

PESSOA JUNIOR, Osvaldo. **Conceitos de Física Quântica.** 3 ed., v. 1, São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006.

ZÔMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. Atividades investigativas no ensino de ciências: Aspectos históricos e diferentes abordagens. Revista Ensaio, v. 13, n. 3, p. 67-80, 2011.

APÊNDICES

APÊNDICE I – QUESTIONÁRIO PRÉVIO (PRÉ-TESTE)

Caro aluno,

Este questionário tem como finalidade obter informações sobre sua aprendizagem. Espera-se que você responda a todas as perguntas de uma forma franca e sincera. As respostas dadas nesta pesquisa serão mantidas em absoluto segredo pelo pesquisador, em seus estudos de Mestrado Profissional em Ensino de Física.

Nome: _____

Série/Turma: _____

Questionário Prévio (Pré-Teste)

1.

2015 - Ano Internacional da Luz

No dia 20 de dezembro de 2013, a 68ª Sessão da Assembleia Geral das Nações Unidas proclamou o ano de 2015 como o Ano Internacional da Luz e das Tecnologias baseadas em Luz (International Year of Light and Light-based Technologies – IYL 2015).

O Ano Internacional da Luz é uma iniciativa mundial que vai destacar a importância da luz e das tecnologias ópticas na vida dos cidadãos, assim como no futuro e no desenvolvimento das sociedades de todo o mundo. Essa é uma oportunidade única para se inspirar, para se educar e para se unir em escala mundial.

Ao proclamar um Ano Internacional com foco na ciência óptica e em suas aplicações, as Nações Unidas reconhecem a importância da conscientização mundial sobre como as tecnologias baseadas na luz promovem o desenvolvimento sustentável e fornecem soluções para os desafios mundiais nas áreas de energia, educação, agricultura, comunicação e saúde. A luz exerce um papel essencial no nosso cotidiano e é uma disciplina científica transversal obrigatória para o século XXI. Ela vem revolucionando a medicina, abrindo a comunicação internacional por meio da internet e continua a ser primordial para vincular aspectos culturais, econômicos e políticos da sociedade mundial.

Juntamente com a UNESCO, um grande número de organismos científicos participará dessa iniciativa, que, em 2015, vai reunir diversas partes interessadas, inclusive sociedades e associações científicas, instituições de ensino, plataformas de tecnologia, organizações sem fins lucrativos e parceiros do setor privado.

“Um Ano Internacional da Luz é uma grande oportunidade para garantir que gestores de políticas internacionais e partes interessadas se conscientizem sobre o potencial de solução de problemas que a tecnologia óptica apresenta. Nós temos agora uma oportunidade única para promover essa conscientização em âmbito mundial” (DUDLEY, John., presidente do Comitê de Promoção do IYL 2015. Disponível em:<http://www.unesco.org/new/pt/brasilia/about-this-office/prizes-and-celebrations/2015-international-year-of-light/>.Acesso: 26 jun 2016).

Com o objetivo de investigar seu conhecimento sobre o assunto, escreva um texto respondendo a seguinte questão: **O que é a luz?**

APÊNDICE II – ROTEIRO 1: A VELOCIDADE DA LUZ

Escola:			
Aluno(a):			Nº:
Série/turma:	Trimestre:	Valor:	NOTA:
Professor (a):			
Componente: Física			
Objetivo: Medir a velocidade da luz a partir da radiação de micro-ondas.			

ROTEIRO 1: A VELOCIDADE DA LUZ

CONTEÚDO

- A velocidade da luz.

DESENVOLVIMENTO

1. Introdução

Até o século XVII se acreditava que a propagação da luz era instantânea, ou seja, sua velocidade era infinita. Uma das primeiras tentativas para se medir a velocidade da luz foi feita por Galileu. Ele tentou medir o tempo que um feixe luminoso demoraria para percorrer uma dada distância. No entanto, sem aparelhos de medida bastante sensíveis seria impossível obter um valor para este tempo e o experimento fracassou. Por volta de 1675, o astrônomo dinamarquês Olaf Römer fazia observações dos sucessivos eclipses de uma das luas do planeta Júpiter. Ele mostrou que quando a Terra estivesse em posições diametralmente opostas ao Sol, ocorria um atraso entre dois eclipses de aproximadamente 20 minutos. Römer sugeriu que este atraso era devido ao tempo gasto pela luz para percorrer a distância correspondente ao diâmetro da órbita da Terra e concluiu que a velocidade da luz embora muito alta, era finita. Uma medida bastante precisa foi feita pelo físico francês H. L. Fizeau, por volta de 1849, usando um dispositivo óptico

constituído de dois espelhos e uma roda dentada que permitia ao observador sincronizar os raios incidentes e refletidos. Mais tarde o físico e astrônomo francês Jean Bernard Léon Foucault adaptou o experimento de Fizeau e calculou a velocidade com bastante precisão. Fez ainda comparações entre a velocidade da luz se propagando na água e no ar. Experimentos mais precisos foram feitos, dentre eles as técnicas precisas desenvolvidas pelo físico A. A. Michelson, e hoje o valor exato da velocidade da luz é $c = 299.792.458\ m/s$.

Em sua teoria eletromagnética, J. C. Maxwell mostrou que toda onda eletromagnética se propaga no vácuo com a mesma velocidade $c = (\mu_o.\varepsilon_o)^{-1/2}$, onde ε_o é a permissividade elétrica e μ_o é a permeabilidade magnética do vácuo, respectivamente. Podemos ainda medir a velocidade de propagação de uma onda através da medição direta de sua frequência ν e comprimento de onda λ da forma:

$$c = \lambda \nu . \quad (1.1)$$

Fonte: Disponível em:<https://sites.google.com/site/carlosaugustopassos/home/intro-a-fisica-moderna>. Acesso em 10 jul 2016.

2. Experimento 1: A velocidade da luz

O professor Pereira quer medir a velocidade da luz a partir da radiação de micro-ondas. Ele pensa em utilizar o forno de micro-ondas para realizar o experimento. Com base no que estudamos sobre a óptica e ondas vocês deverão propor uma solução para o problema do professor com o uso do aparelho.

Os seguintes materiais estarão disponíveis para uma possível experimentação a ser realizada:

- 01 forno de micro-ondas;
- 01 prato para micro-ondas;
- Papel para fax;
- Réguas com escala milimetrada.

Mãos à obra!

Essa atividade investigativa possui um roteiro que deve ser desenvolvido na forma de um texto dissertativo para explicitar como o conhecimento foi produzido nesta atividade. No texto você deve apresentar:

I- quais os objetivos estabelecidos pelo grupo para desenvolver a atividade de investigação;

II- quais as hipóteses apresentadas para a solução do problema;

III- quais os procedimentos que o grupo estabeleceu para a solução do problema (explicar o passo a passo, justificando os caminhos percorridos para o alcance da solução do problema);

IV- quais os resultados encontrados e analisar se as hipóteses apontadas na proposição da solução do problema se confirmam ou não;

V- indicar uma conclusão que represente a investigação do problema apresentado.

REFERÊNCIA

HALLIDAY. D.; RESNICK. R. e WALKER. J.; **Fundamentos de Física**, Vol. IV, Óptica e Física Moderna, Editora LTC, 8ª edição (2008).

LIMA, D. C. A.. **Laboratório de Física Moderna**. Vitória: Universidade Federal do Espírito Santo, Núcleo de Educação Aberta e à Distância, 2012.

STAUFFER Jr R. H. **The Physics Teacher**, 35, 231 (1997).

Grupo:_____

Diário de Bordo

APÊNDICE III – ROTEIRO 2: RADIAÇÃO TÉRMICA

Escola:			
Aluno(a):			Nº:
Série/turma:	Trimestre:	Valor:	NOTA:
Professor (a):			
Componente: Física			
Objetivos: Estudar a absorção e emissão de radiação por um corpo negro com uso de microcontrolador de baixo custo; Obter o valor da constante de Planck a partir da luz emitida por um LED (Light Emitting Diode) com uso de microcontrolador de baixo custo.			

ROTEIRO 2: RADIAÇÃO TÉRMICA

CONTEÚDOS

- Radiação térmica;
- A constante de Planck.

DESENVOLVIMENTO

1. Introdução

1.1. Radiação de corpo negro

Quando colocamos um pedaço de ferro no fogo, deixamos por alguns segundos e o aproximamos de nossas mãos podemos sentir a radiação emitida pelo corpo na forma de calor. Esta radiação, no entanto, não é visível. À medida que a temperatura aumenta a quantidade de radiação emitida também cresce e começamos a observar uma mudança na coloração da superfície do ferro; em temperaturas muito altas a superfície do ferro adquire uma cor vermelha brilhante. A radiação emitida por um corpo devido à sua temperatura é chamada de radiação térmica. Em geral, em temperaturas abaixo de 600 ºC a radiação térmica emitida pelos corpos não é visível, seu comprimento de onda é muito maior do que o

comprimento da luz visível. Existem, no entanto, corpos que emitem radiação visível como, por exemplo, o Sol, o carvão em brasa, as lâmpadas incandescentes, dentre outros. O espectro de radiação térmica emitida pelo corpo dependerá, essencialmente, da natureza desse corpo. Entretanto, alguns objetos quando aquecidos emitem espectros idênticos, ou seja, a radiação emitida por estes corpos à mesma temperatura não dependerá da constituição do material. Estes objetos são chamados de corpos negros. Se um corpo absorve toda a radiação incidente sobre ele considerado um corpo negro. De fato, esses não refletem a luz incidente e, portanto, eles possuem a coloração negra.

A distribuição espectral da radiação de corpo negro é especificada pela chamada Radiância Espectral, $R_T(\nu)$, que é definida de forma que $R_T(\nu)\,d\nu$ seja igual à energia por unidade de tempo por unidade de área emitida por uma superfície à temperatura T num intervalo de frequência de ν a $\nu + d\nu$. Se plotamos um gráfico de $R_T(\nu)$ em função de ν para diferentes temperaturas absolutas T, observaremos que R_T cresce rapidamente com o aumento da temperatura. Por volta de 1879, Josef Stefan escreveu uma relação empírica entre a energia por unidade de tempo por unidade de área irradiada pelo corpo negro e sua temperatura,

$$R_T = \sigma T^4, \qquad (2.1)$$

em que $\sigma = 5,67 \times 10^{-08}\ W/m^2\ K^4$ é a constante de Stefan-Boltzmann e T é a temperatura em unidades de Kelvin. Veja que, de acordo com a Lei de Stefan-Boltzmann, R_T só depende da temperatura do corpo e não de qualquer outra característica do corpo e pode ser entendida como a rapidez com que um corpo emite energia. Os corpos que não são negros também irradiam energia por unidade de área por unidade de tempo, porém com uma rapidez menor do que um corpo negro à mesma temperatura. Para estes corpos a cor e a composição do material são fatores extremamente relevantes. Outro resultado interessante é que espectro de radiância se desloca para frequências maiores à medida que a temperatura aumenta. Este resultado ficou conhecido como a Lei do Deslocamento de Wien

$$\nu_{max} / \bar{T} = 2,898 \times 10^{-3}(m \times K) \qquad (2.2)$$

em que ν_{max} é a frequência na qual R_T tem seu valor máximo para uma dada temperatura.

Uma cavidade também se comporta como um corpo negro. A radiação térmica que incide sobre o orifício entra na cavidade e é repetidamente refletida pelas suas paredes. Se a área do orifício for muito pequena comparada ao interior da cavidade, podemos considerar que toda a radiação será absorvida no interior da cavidade e o orifício será um absorvedor ideal, caracterizando um corpo negro.

Fonte: Disponível em:<https://sites.google.com/site/carlosaugustopassos/home/intro-a-fisica-moderna>. Acesso em: 10 jul 2016.

1.2. A CONSTANTE DE PLANCK

A Lei de Stefan-Boltzmann e a Lei de Wien não descreviam completamente a radiação térmica. Era necessária uma teoria que explicasse o espectro de radiação de corpo negro, ou seja, uma expressão para radiância espectral que explicasse os pontos observados experimentalmente. A densidade de energia espectral foi calculada por Rayleigh-Jeans utilizando o princípio da equipartição da energia da teoria clássica da Termodinâmica. Ele obteve uma equação para $R_T(\lambda)d\lambda$ da forma em que k é a constante de Boltzmann. Essa expressão concorda com os resultados experimentais somente no limite de grandes comprimentos de onda. Para pequenos valores de λ o modelo de Rayleigh-Jeans diverge. Este resultado ficou conhecido como a *catástrofe do ultravioleta*. Por volta de 1900, o físico alemão Max Planck propôs uma nova formulação para a radiação de corpo negro que não considerava o princípio clássico de equipartição de energia. Ele sugeriu que o problema para as altas frequências (λ pequeno) poderia ser eliminado se existisse uma energia de corte tal que $\bar{E} \rightarrow 0$ se $\nu \rightarrow \infty$, ou seja, o valor médio da energia tende a zero se $\nu \rightarrow \infty$. Planck então sugeriu que a energia média é uma função da frequência e mostrou que as variações das energias térmicas de um corpo negro só poderia assumir valores múltiplos de uma certa quantidade, ou seja,

$$\overline{E} = 0, \Delta E, 2\Delta E, 3\Delta E \ldots \quad (2.3)$$

Planck queria mostrar que $\bar{E} \approx kT$ quando a diferença de energia ΔE fosse pequena e que $\bar{E} \approx 0$ se ΔE fosse grande. Então, ele precisava obter uma expressão em que ΔE fosse uma função crescente de ν. Planck propôs que $\Delta E \propto \nu$ e a constante de proporcionalidade é a chamada *constante de Planck*, *h*. Em outros termos,

$$\Delta E = h\nu . \qquad (2.4)$$

Planck obteve o valor desta constante que melhor ajustava seu resultado aos dados experimentais. O valor considerado foi de

$$h = 6{,}63 \times 10^{-34}\ J.s. \qquad (2.5)$$

A expressão obtida por Planck para a radiância é da forma

$$R_T(\nu) = \frac{8\pi^2 h\nu}{c^3\left(e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1\right)} d\nu . \qquad (2.6)$$

Essa ficou conhecida como Lei da Radiação de Planck para o corpo negro. A lei de Stefan-Boltzmann e a Lei de deslocamento de Wien podem ser obtidas pela fórmula de Planck. Por toda a sua contribuição para as bases da Teoria Quântica, Max Planck ganhou o Prêmio Nobel em 1918.

Em 1905, partindo da teoria de Planck, Einstein sugeriu que “na propagação de um raio de luz emitido por uma fonte puntiforme, a energia não é continuamente distribuída sobre volumes cada vez maiores de espaço, mas consiste em um número finito de quanta de energia, localizados em pontos do espaço, que se movem sem se dividir e que podem ser absorvidos ou gerados somente como unidades integrais”. Em outras palavras, Einstein propôs que a luz era composta de pequenos pacotes cada um com uma energia $E = h\nu$. Esses pacotes de energia foram, mais tarde, denominados fótons. Com esta hipótese Einstein generaliza a ideia de Planck, recupera a ideia de Newton que acreditava ser a luz composta de pequenas partículas e introduz a quantização do campo eletromagnético. A constante de Planck provou ser a constante fundamental da teoria quântica.

Fonte: Disponível em:<https://sites.google.com/site/carlosaugustopassos/home/intro-a-fisica-moderna>. Acesso em: 10 jul 2016.

2. EXPERIMENTOS

2.1. Experimento 2: Radiação de Corpo Negro

Desde dezembro de 2010, as garrafas térmicas têm sido alvo de inspeções minuciosas nos aeroportos do mundo, por causa da ameaça delas serem utilizadas para esconder e transportar explosivos ou outros tipos de materiais ilegais, pois garrafas térmicas falsas podem ter suas paredes interiores feitas de materiais que "enganem" os raios-X. Então o que torna a garrafa térmica interessante para esconder líquidos explosivos? Como uma garrafa está relacionada com a radiação de corpo negro? (Disponível em: http://www.infoescola.com/curiosidades/garrafa-termica/. Acesso em: 27/ jul 2016).

A resposta passa pelo conceito de corpo negro. E considerando as propriedades de radiação térmica deste objeto, Podemos definir o corpo negro como um objeto que absorve toda radiação eletromagnética incidente sobre ele, ou seja, um absorvedor ideal. Além disso, é também o emissor ideal, ou seja, para uma dada temperatura, é o corpo que emite a maior potência por unidade de área. Um corpo cuja superfície é preta e fosca pode ser considerado uma aproximação de corpo negro. Porém, um corpo negro a temperatura extremamente alta pode ser bastante brilhante e colorido. Astrônomos frequentemente aproximam uma estrela por um corpo negro.
Agora, realizaremos um experimento que visa estudar a absorção e emissão de radiação por um corpo negro. Com a realização deste, algumas questões poderão ser respondidas: Por que as garrafas térmicas são espelhadas? Uma lâmpada incandescente pode aquecer uma lata de alumínio? E se a lâmpada for retirada, o que acontece com a temperatura da lata?

Os seguintes materiais estarão disponíveis para uma possível experimentação a ser realizada:

- Kit educacional 1 ;
- Água.

Mãos à obra!

Essa atividade investigativa possui um roteiro que deve ser desenvolvido na forma de um texto dissertativo para explicitar como o conhecimento foi produzido nesta atividade. No texto você apresentar:

I- quais os objetivos estabelecidos pelo grupo para desenvolver a atividade de investigação;

II- quais as hipóteses apresentadas para a solução do problema;

III- quais os procedimentos que o grupo estabeleceu para a solução do problema (explicar o passo a passo, justificando os caminhos percorridos para o alcance da solução do problema);

IV- quais os resultados encontrados e analisar se as hipóteses apontadas na proposição da solução do problema se confirmam ou não;

V- indicar uma conclusão que represente a investigação do problema apresentado.

REFERÊNCIA

EISBERG .R. e RESNICK .R., **Física Quântica**, Editora Campus, 27ª Edição (1979).

HALLIDAY. D.; RESNICK .R. e WALKER .J.; **Fundamentos de Física**, Vol IV, Óptica e Física Moderna, Editora LTC, 8ª edição (2008).

LIMA, D. C. A.. **Laboratório de Física Moderna**. Vitória: Universidade Federal do Espírito Santo, Núcleo de Educação Aberta e à Distância, 2012.

Grupo:_____

Diário de Bordo

2.2. Experimento 3: Medida da constante de Planck

[...] Em 1900 o físico e matemático alemão Max Karl Ernest Ludwig Planck (1858-1947), disse que a energia não seria contínua, como se pensava anteriormente. Sua teoria dizia basicamente o seguinte: “A radiação é absorvida ou emitida por um corpo aquecido não sob a forma de ondas, mas por meio de pequenos “pacotes” de energia.” [...]

[...] Albert Einstein usou essa hipótese de Max Planck para explicar os resultados obtidos em seus trabalhos sobre o efeito fotoelé-trico em 1905. Max Planck é considerado o pai da teoria quântica, o que lhe valeu o Prêmio Nobel de Física em 1918 (Disponível em:<http://brasilescola.uol.com.br/quimica/teoria-max-planck.htm>. Acesso em: 01 ago 2016.

Como Planck chegou a esta informação (corpo negro)? Como Einstein concluiu que a luz se comporta como partícula?
Neste experimento iremos obter o valor da constante de Planck a partir da luz emitida por um LED (Light Emitting Diode). O seguinte material estará disponível para uma possível experimentação a ser realizada:

- Kit educacional 2.

Mãos à obra!

Essa atividade investigativa possui um roteiro que deve ser desenvolvido na forma de um texto dissertativo para explicitar como o conhecimento foi produzido nesta atividade. No texto você apresentar:
I- quais os objetivos estabelecidos pelo grupo para desenvolver a atividade de investigação;
II- quais as hipóteses apresentadas para a solução do problema;
III- quais os procedimentos que o grupo estabeleceu para a solução do problema (explicar o passo a passo, justificando os caminhos percorridos para o alcance da solução do problema);

IV- quais os resultados encontrados e analisar se as hipóteses apontadas na proposição da solução do problema se confirmam ou não;

V- indicar uma conclusão que represente a investigação do problema apresentado.

REFERÊNCIA

CAVALCANTE . M. A.; TAVOLARO C. R. C. e HAAG .R., **Física na Escola**, 6, 75 (2005).

CAVALCANTE .M. A.; E HAAG R., Revista Brasileira de Ensino Física 27, 343 (2005).

DIONISIO .P. H., **Caderno Brasileiro de Ensino de Física.** 22, 147 (2005).

EISBERG .R.; RESNICK .R., **Física Quântica**, Editora Campus, 27ª Edição (1979).

HALLIDAY. D.; RESNICK.R. e WALKER .J.; **Fundamentos de Fisica**, Vol IV, Óptica e Física Moderna, Editora LTC, 8ª edição (2008).

LIMA, D. C. A. de. **Laboratório de Física Moderna**. Vitória: Universidade Federal do Espírito Santo, Núcleo de Educação Aberta e à Distância, 2012.

MOURA.S. L. de; SILVA. F. I. da; SILVA . F. C. M. da, e SANTOS .J. A. V. dos, **Química Nona na Escola**, 33, 246 (2011)

Grupo:_____

Diário de Bordo

APÊNDICE IV – ROTEIRO 3: O EFEITO FOTOELÉTRICO

Escola:			
Aluno(a):			Nº:
Série/turma:	Trimestre:	Valor:	NOTA:
Professor (a):			
Componente: Física			
Objetivo: Analisar a interação da radiação com a matéria, por meio do efeito fotoelétrico com uso de microcontrolador de baixo custo.			

ROTEIRO 3: O EFEITO FOTOELÉTRICO

CONTEÚDO

- O efeito fotoelétrico.

DESENVOLVIMENTO

1. Introdução

Por volta de 1886, o físico alemão Heinrich Hertz mostrou que uma descarga elétrica entre dois eletrodos ocorre mais facilmente quando se incide luz ultravioleta sobre um deles. Mais tarde, o físico Wilhelm Hallwachs estimulado por estes trabalhos de Hertz, mostrou que corpos metálicos irradiados com luz ultravioleta adquiriam uma carga positiva. Esse fenômeno foi explicado pelo físico alemão Phillip Lenard onde propôs que a luz ultravioleta era responsável pela emissão de partículas da superfície do metal. Foi o britânico Joseph John Thomson quem descobriu que as partículas emitidas da superfície são os elétrons. A emissão de elétrons de uma superfície devido à incidência de luz sobre ela é chamada *efeito fotoelétrico*. Para entender o efeito fotoelétrico, considere o esquema mostrado na figura 3.1.

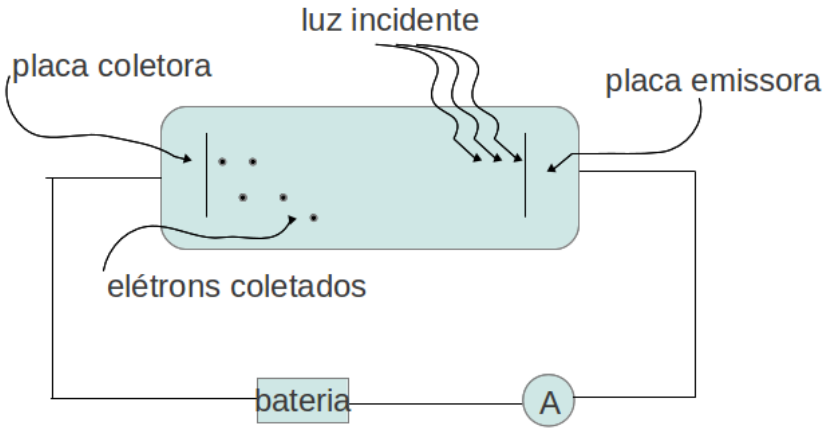


Figura 3.1: Diagrama esquemático para observar o efeito fotoelétrico

Quando a luz incide sobre a superfície metálica (catodo) os elétrons desta superfície podem ser ejetados, sem nenhum atraso, e se uma diferença de potencial ΔV é estabelecida entre as placas, os elétrons ejetados são coletados pela placa coletora (anodo) e podemos observar uma corrente fotoelétrica no circuito. A figura 3.2 mostra a corrente fotoelétrica em função da diferença de potencial.

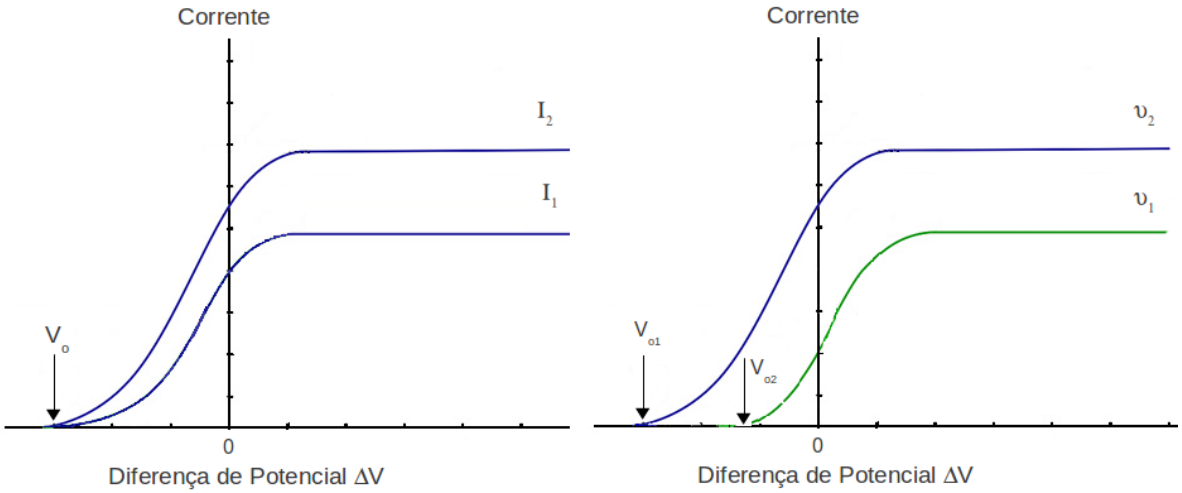


Figura 3.2: Variação da corrente fotoelétrica com a diferença de potencial aplicada às placas. I_1 e I_2 são as intensidades da luz incidente, ν_1 e ν_2 são as frequências e V_0 é o potencial de corte.

Se a diferença de potencial entre as duas placas for grande o suficiente, a corrente fotoelétrica atinge um valor constante, ou seja, todos os elétrons ejetados são

coletados no anodo. Se ΔV for reduzido a zero a corrente não será nula, porém se o sinal da diferença de potencial for invertido haverá um valor para $|\Delta V| = V_0$, chamado potencial de corte, em que a corrente fotoelétrica é zero.

Isso ocorre porque os elétrons emitidos, mesmo os de maior energia, são forçados a retornar ao catodo devido à mudança no sinal de ΔV. Neste caso, os elétrons perdem energia cinética e ganham energia potencial e o potencial de corte corresponde ao valor máximo da diferença de potencial necessária para que toda energia cinética se transforme em energia potencial, ou seja, $\Delta U = -\Delta K$. Uma vez que os elétrons mais energéticos tem energia cinética máxima, K_{max}, e a energia potencial de um elétron é $\Delta U = -e\Delta V$, podemos escrever

$$eV_0 = K_{max} \qquad (3.1)$$

A teoria ondulatória previa que a energia cinética dos elétrons ejetados deveria aumentar com o aumento da intensidade da luz incidente e portanto, o potencial de corte V_0 também aumentaria. No entanto, os experimentos mostravam que o potencial de corte não depende da intensidade *I* da fonte incidente como mostra a figura 3.2 e deve depender, no entanto, da frequência *v* da luz incidente. Além disso, a teoria ondulatória previa que o efeito fotoelétrico deveria ocorrer para qualquer frequência da luz incidente o que não era observado. Se a frequência da luz incidente for menor do que um dado valor chamado frequência de corte, ν_0, o efeito não era observado.

Para explicar estas questões, Einstein propôs, em 1905, que a luz incidente sobre a placa emissora era compostas de fótons que transportam uma energia $E = h\nu$. Cada fóton incidente transfere esta energia a um único elétron da placa. Parte desta energia será usada para retirar o elétron da placa e o restante será a energia cinética máxima adquirida pelo elétron ejetado. Isso pode ser resumido na equação

$$h\nu = \varphi + K_{max} \qquad (3.2)$$

Nesta equação, φ é a chamada *função trabalho*, ou seja, é a energia necessária para que o elétron seja ejetado e só depende da natureza da placa emissora. Com essa expressão, Einstein explicou que se aumentamos a intensidade da luz incidente, o número de interações entre fótons e elétrons também é aumentado e portanto, o número de elétrons ejetados também será maior. Isso, entretanto, não modifica o potencial de corte V_0, apenas o valor da corrente fotoelétrica é

aumentada. Além disso, se $K_{max} = 0$ teremos que

$$h\nu_0 = \varphi \qquad (3.3)$$

o que significa que um fóton de frequência ν_0 tem exatamente a energia necessária para retirar um elétron da placa. Se a frequência for menor do que este valor nenhum elétron será ejetado e o efeito não será observado. Com esta teoria, Einstein recebeu o Prêmio Nobel em 1921.

Fonte: Disponível em:<https://sites.google.com/site/carlosaugustopassos/home/intro-a-fisica-moderna>. Acesso em: 10 jul 2016.

2. Experimento 4: Observando o efeito fotoelétrico

Do ponto de vista tecnológico, o efeito fotoelétrico é empregado em visores noturnos, fotômetros e dispositivos para aberturas de portas, escada rolante e iluminação pública.

Realizaremos um experimento para analisar a interação da radiação com a matéria, por meio do efeito fotoelétrico. O seguinte material estará disponível para uma possível experimentação a ser realizada:

- Kit educacional 3.

Mãos à obra!

Essa atividade investigativa possui um roteiro que deve ser desenvolvido na forma de um texto dissertativo para explicitar como o conhecimento foi produzido nesta atividade. No texto você apresentar:

I- quais os objetivos estabelecidos pelo grupo para desenvolver a atividade de investigação;

II- quais as hipóteses apresentadas para a solução do problema;

III- quais os procedimentos que o grupo estabeleceu para a solução do problema (explicar o passo a passo, justificando os caminhos percorridos para o alcance da solução do problema);

IV- quais os resultados encontrados e analisar se as hipóteses apontadas na proposição da solução do problema se confirmam ou não;

V- indicar uma conclusão que represente a investigação do problema apresentado.

REFERÊNCIA

CAVALCANTE. M. A.; TAVOLARO C. R.C.; SOUZA. D. F. de e MUZINATTI. J., **Física na Escola**, 3, 24 (2002).

EISBERG. R. e RESNICK.R., Física Quântica, Editora Campus, 27ª Edição (1979).
PEREIRA. D. R. de O. e AGUIAR .O., Rev. **Ponto de Vista**, 3, 65.

LIMA, D. C.A.. **Laboratório de Física Moderna**. Vitória: Universidade Federal do Espírito Santo, Núcleo de Educação Aberta e à Distância, 2012.

VALADARES. E. de C. e A. MOREIRA. M., **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, 15, 359 (1998).

Grupo:_____

Diário de Bordo

APÊNDICE V – QUESTIONÁRIO FINAL (PÓS-TESTE)

Caro aluno,

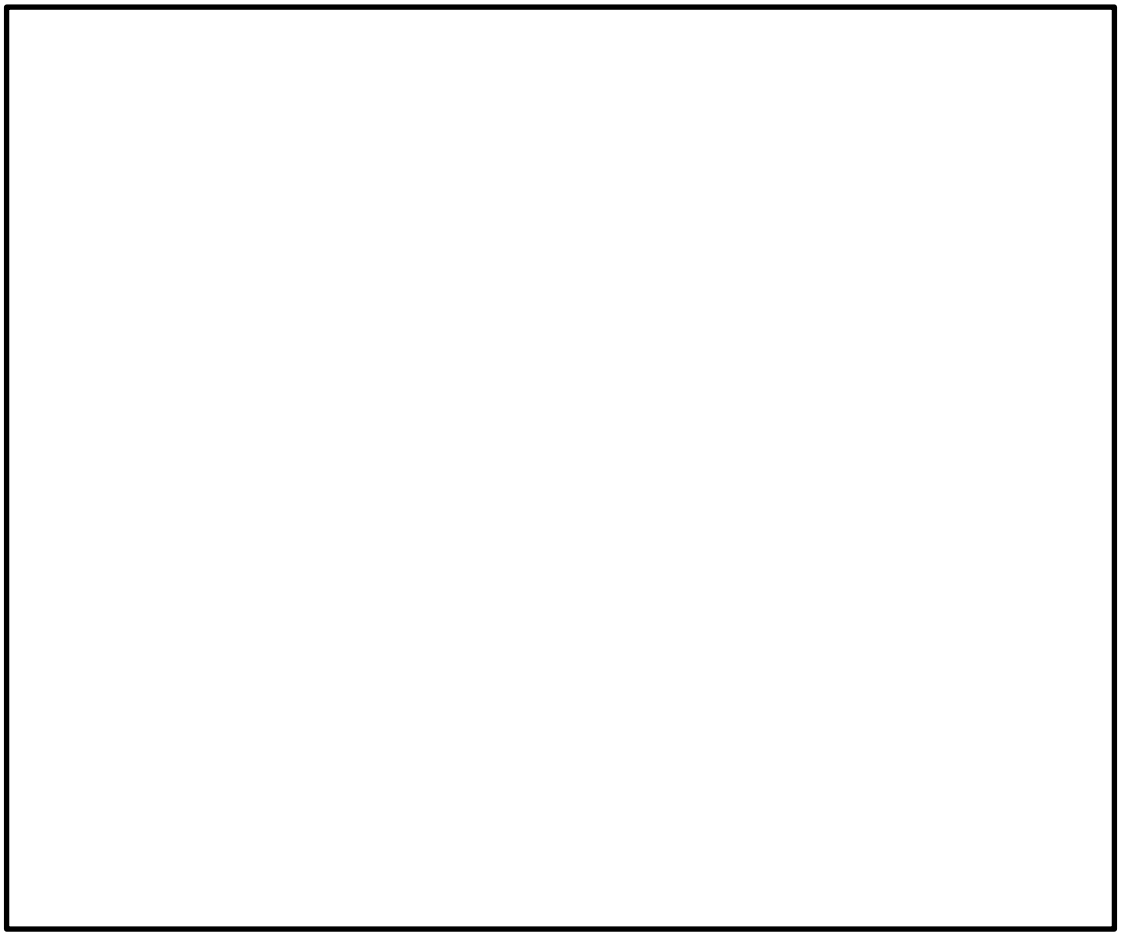
Este questionário tem como finalidade obter informações sobre sua aprendizagem. Espera-se que você responda a todas as perguntas de uma forma franca e sincera. As respostas dadas nesta pesquisa serão mantidas em absoluto segredo pelo pesquisador, em seus estudos de Mestrado Profissional em Ensino de Física.

Nome: _____

Série/Turma: _____

Questionário Final (Pós-Teste)

1. Construa, no espaço abaixo, um Mapa Conceitual sobre seu entendimento a respeito do que é a Luz.



2. Explique, detalhadamente, o Mapa Conceitual que você construiu.