

**INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS JARAGUÁ DO SUL
CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS DA NATUREZA COM
HABILITAÇÃO EM FÍSICA**

**FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA: UMA PROPOSTA
DIDÁTICA SOBRE O EFEITO FOTOELÉTRICO NO ENSINO
MÉDIO A PARTIR DE SIMULADOR VIRTUAL E MATERIAIS
DE BAIXO CUSTO**

Eliezer Gonçalves de Lima

Jaraguá do Sul, SC, Brasil

2016

FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA: UMA PROPOSTA DIDÁTICA SOBRE O EFEITO FOTOELÉTRICO NO ENSINO MÉDIO A PARTIR DE SIMULADOR VIRTUAL E MATERIAIS DE BAIXO CUSTO

Eliezer Gonçalves de lima

Trabalho de Conclusão de Curso, submetido ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina como parte dos requisitos para obtenção do grau de licenciado em Ciências da Natureza com habilitação em Física.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Henrique Martins Arthury

Jaraguá do Sul, SC, Brasil

2016

Dedico, com imenso orgulho, este trabalho aos meus pais, aos meus irmãos e principalmente ao meu filho Pedro Henrique e minha esposa Fernanda, que acreditaram e incentivaram para que este trabalho fosse realizado.

AGRADECIMENTO

Ao professor Luiz Henrique Martins Arthury, meu orientador e presidente da banca de TCC, que me ajudou nesta pesquisa, auxiliando e aconselhando no desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço aos demais membros da banca examinadora que atenderam ao convite, pelas suas sugestões e correções.

Aos professores e professoras do curso de Licenciatura em Ciências da Natureza com Habilitação em Física, pelos momentos de discussões em sala de aula, pelas reflexões, aprendizado e bom convívio com cada um, durante este período que lecionaram.

Aos meus pais que incentivaram para que continuasse e não desistisse mesmo em momentos difíceis durante o período de realização do curso.

A minha esposa Fernanda Neja Alves de Lima, que me proporcionou a honra de ser pai durante a graduação.

Ao meu filho Pedro Henrique Alves de Lima, que chegou para completar minha felicidade e me faz seguir mais um pouco a cada dia.

Por fim, agradeço todos que diretamente e indiretamente proporcionaram avançar mais um passo nessa trajetória.

RESUMO

O presente Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), trata-se de uma proposta didática para a introdução de tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio. Participaram da proposta 33 alunos do Ensino Médio do curso Integrado em Química e 01 professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina (IFSC), localizado na cidade de Jaraguá do Sul. Foram desenvolvidas atividades práticas com materiais de baixo custo e utilizado simulador virtual para abordar o efeito fotoelétrico. O trabalho teve como orientação metodológica a pesquisa qualitativa, utilizando-se como instrumento de investigação a aplicação de questionário a alunos e entrevista com um professor. Com a realização dessas atividades procurou-se elencar um conjunto de sugestões para a implementação de uma proposta didática sobre o efeito fotoelétrico no Ensino Médio.

Palavras chaves: Física Moderna e Contemporânea, Ensino Médio, Efeito Fotoelétrico

ABSTRACT

This Work Course Conclusion (TCC), it is a didactic proposal for the introduction of topics of Modern and Contemporary Physics in high school. Participated in the proposal 33 high school students of the Integrated course in Chemistry and 01 professor at the Federal Institute of Education, Science and Technology of Santa Catarina (IFSC), located in Jaragua do Sul. Practical activities were developed with low cost materials and used virtual simulator to address the photoelectric effect. The work was methodological guidance qualitative research, using as a research tool the questionnaire to students and interview with a teacher. With the completion of these activities sought to list a set of suggestions for the implementation of a didactic proposal on the photoelectric effect in high school.

Keywords: Modern and Contemporary Physics, High School, Photoelectric Effect

Sumário

1. INTRODUÇÃO	7
2. JUSTIFICATIVA	9
3. PROBLEMA E QUESTÕES DE PESQUISA	10
4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	11
4.1 A Física Moderna e os professores	19
4.2 Efeito fotoelétrico	20
5. A PROPOSTA DIDÁTICA	25
6. METODOLOGIA	31
6.1 Fontes de informação e instrumentos de coleta de dados	32
6.2 A implementação da proposta	32
7. CRONOGRAMA	34
8. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	35
8.1 Questões da proposta didática	35
8.2 Questionário avaliativo	39
8.3 Entrevista com professor	45
9. CONSIDERAÇÕES FINAIS	49
REFERÊNCIAS	52
APÊNDICES	56

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de elencar um conjunto de sugestões para a introdução de conteúdos da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio, utilizando uma proposta didática. Para isso se procurou construir experimentos utilizando materiais de baixo custo, que viabilizasse a proposta didática.

O ensino através de experimentos investigativos possibilita aos alunos contato com situações problemas, sendo este um recurso que proporciona aos estudantes participar ativamente do processo de construção do saber (CABRAL, 2015). Ainda o uso de simulador virtual tem se mostrado uma ótima ferramenta de ensino aprendizagem. O uso de simuladores é capaz de superar situações que palavras não conseguem descrever, neste caso apenas a argumentação teórica não seria capaz de promover no aluno a compreensão eficaz sobre determinado conceito, enquanto que em uma simulação virtual tem potencial para produzir no aluno melhor entendimento sobre o fenômeno estudado (PIETROCOLA; BROCKINGTON, 2003).

As aulas ministradas abordaram questões históricas sobre a descoberta do efeito fotoelétrico, desde os primeiros cientistas que observaram o fenômeno até em 1905, quando Albert Einstein conseguiu explicar devidamente o efeito fotoelétrico, recebendo o prêmio Nobel por esse trabalho em 1921. Durante as aulas foram trabalhadas questões referentes ao espectro eletromagnético, a relação entre energia e a frequência. Foi utilizado simulador virtual e realizadas práticas envolvendo circuitos eletrônicos.

Foi aplicado um questionário aos alunos, onde foi possível responder algumas das questões de pesquisa deste trabalho. Também neste questionário contém algumas perguntas referentes aos conteúdos trabalhados em sala de aula.

Foi realizada entrevista com o professor, a partir dela foi possível responder as questões de pesquisa do presente trabalho. Ao final, as respostas colhidas na entrevista auxiliaram na elaboração final de sugestões, contidas nas considerações finais deste trabalho.

Ao longo deste trabalho é possível verificar toda a proposta didática, nela estão contidos todos os procedimentos que nortearam as atividades. Ainda é possível verificar o desenvolvimento metodológico, aplicação e resultados.

Por fim, nas considerações finais contém todo o relato do autor da proposta, seus pontos de vista em relação ao desenvolvimento das atividades, suas experiências vivenciadas e elencado um conjunto de sugestões para a implementação da proposta didática envolvendo o efeito fotoelétrico.

2. JUSTIFICATIVA

A Física Moderna e Contemporânea é um tema previsto nos PCNs e PCN+, fazendo parte do rol de conteúdos contidos nos livros didáticos do Ensino Médio. Muitos autores tem destacado a importância da introdução de tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio, como TERRAZAN, 1992; VALADARES E MOREIRA, 1998; PINHO E ZANETIC, 1999; OSTERMANN E CAVALCANTI, 2001, entre outros.

A preocupação em implantar a Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio se estende há muitos anos. Alguns dos autores citados anteriormente têm sugerido como proposta pedagógica a abordagem de temas mais atuais no ensino da Física, tendo em vista o avanço tecnológico presente em nosso cotidiano. Outro aspecto que eles argumentam é a distância da escola em relação aos conteúdos vistos em sala de aula e aquilo que realmente é de interesse dos alunos.

Vários autores tem colaborado com pesquisas apontando alternativas para minimizar os problemas causados pela falta de atualização curricular. Outro ponto enfatizado é a grande importância que é dado aos conteúdos da Física Clássica em relação aos da Física Moderna. Um dos tópicos abordados por pesquisadores como VALADARES E MOREIRA, 1998; e ROCHA FILHO, SALAMI E HILLEBRAND, 2006; é sobre o efeito fotoelétrico, o qual foi escolhido para se propor uma sequência de atividades.

O efeito fotoelétrico está presente em diversos equipamentos do cotidiano, como fotocélulas, portas automáticas, geração de energia solar, controle de sistema automático de iluminação e controle remoto de aparelhos eletrônicos.

Tendo em vista a importância de introduzir tópicos que abordem a Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio, foi construída uma proposta a partir de materiais de baixo custo utilizando circuitos eletrônicos e simulador computacional. Essa proposta didática desenvolvida pode ser utilizada por outros professores que pretendem introduzir tópicos de Física Moderna no Ensino Médio.

3. PROBLEMA E QUESTÕES DE PESQUISA

O problema de pesquisa consiste em:

Como trabalhar conteúdos da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio, tendo como enfoque o estudo do Efeito Fotoelétrico?

Através dessa problemática: estabelecer um conjunto de sugestões para a implementação de uma proposta didática sobre o Efeito Fotoelétrico no Ensino Médio.

A seguir são apresentadas as questões de pesquisa:

Qual a receptividade dos alunos mediante a realização de uma proposta didática e sobre o efeito fotoelétrico, a partir de uso de simulador e circuitos eletrônicos no Ensino Médio?

Quais as dificuldades encontradas pelos alunos mediante a realização de uma proposta didática sobre o efeito fotoelétrico no Ensino Médio?

Qual a receptividade do professor diante da proposta didática sobre o efeito fotoelétrico no Ensino Médio?

O que o professor mudaria na proposta didática sobre o efeito fotoelétrico após a implementação em sala de aula no Ensino Médio?

4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A inserção da Física Moderna e Contemporânea (FMC) nas unidades curriculares é uma preocupação que já se estende há muitos anos, mas implantar e trabalhar a Física Moderna no Ensino Médio sempre encontrou barreiras por parte dos profissionais da educação mais conservadores, que insistem em trabalhar conteúdos da Física Clássica. Diante dessa situação onde nem mesmo os conteúdos mais básicos da Física Clássica são abordados, a preocupação com a Física Moderna e Contemporânea fica em segundo plano (TERRAZZAN, 1992). Mediante esse cenário “a constatação pura e simples da realidade escolar pode muitas vezes levar-nos a um certo ceticismo sobre possibilidades práticas de alteração do quadro da maneira como ele se apresenta” (TERRAZZAN, 1992, p. 210). A preocupação em introduzir a Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio, é apontada por diversos estudos.

Várias pesquisas relacionadas com a introdução da FMC no Ensino Médio já foram realizadas no Brasil, no entanto, o baixo índice de escolas que contemplam a FMC no programa e efetivamente abordam essa parte da Física não refletem os resultados dessas pesquisas e não é ressonante com as sinalizações expressas nas leis, diretrizes, propostas curriculares, parâmetros curriculares e orientações curriculares. (LEONEL; SOUSA, 2009, p. 5)

Mediante a esse quadro onde várias pesquisas, e leis sinalizam a introdução dos conteúdos da FMC no Ensino Médio, tem-se em contraponto a baixa inserção nas escolas. Hoje grande parte das escolas do Ensino Médio contemplam apenas duas aulas de Física semanais e isso pode ser um dos fatores que dificultam os professores darem ênfase aos conteúdos de FMC, entretanto, isso não pode servir de desculpas para não ser trabalhado no Ensino Médio. Nos livros didáticos a Física Moderna e Contemporânea faz parte do rol de conteúdos sugeridos a serem abordados no Ensino Médio, também é conteúdo previsto nos PCN+. Por isso, entender a Física Moderna e Contemporânea e inseri-la no Ensino Médio é uma necessidade, mesmo diante das dificuldades já existentes.

[...] o entendimento da Física Moderna aparece como uma necessidade para compreender os fatos, os equipamentos e a tecnologia do cotidiano dos estudantes. Indiscutivelmente, é necessário a inserção de Física Moderna e Contemporânea no ensino médio, mesmo diante da fragilidade dos conhecimentos de Física Clássica[...] (CAVALCANTE; JARDIM; BARROS, 1999, p. 154)

Neste sentido, é urgente abordar os assuntos mais relevantes quanto às tecnologias e seus aspectos funcionais envolvendo fenômenos físicos, sua importância e implicação quanto a necessidade de ensino na sala de aula. Mesmo com o avanço tecnológico mais presente no cotidiano, a realidade do ensino em sala de aula encontra-se muitas vezes defasada, justamente pelo fato de ainda encontrar resistência por parte de alguns em romper com velhas práticas pedagógicas tradicionais. Os saberes escolares têm sido questionados mediante aos avanços tecnológicos e a maneira como esses saberes são trabalhados em sala de aula. Esses questionamentos também poderiam partir de professores, como por exemplo: quais saberes abordar; qual a importância para a formação do aluno; que habilidades esses saberes podem ser desenvolvidos nos alunos. Essa não é uma tarefa fácil, e a solução não reside apenas na questão professor-conteúdo, mas também nos diferentes perfis de alunos, nem todos conseguem acompanhar o aprendizado da mesma forma. Perceber essas diferenças e contornar possíveis obstáculos é o maior desafio em sala de aula. A questão é que as exigências do mundo moderno pede uma nova forma estrutural de ensino, que atualmente não consegue responder a fatos do cotidiano do aluno. Sobre a situação do ensino de física Hernandez, Clement e Terrazzan (2002, p. 1) afirmam que:

Atualmente o ensino de física caracteriza-se, basicamente, por um professor que fala em demasia e que trata de conhecimentos tidos como teóricos; os alunos são elementos passivos que escutam e copiam “fórmulas” em seus cadernos para, posteriormente, fazerem uma série de exercícios numéricos.

O ensino de física tal qual se apresenta, não é capaz de promover nos estudantes uma aprendizagem que desenvolva suas habilidades potenciais, pois na maioria das vezes não passam de meros espectadores em sala de aula e reprodutores teóricos, limitados apenas a resolução de exercícios.

Sobre a necessidade de atualização do currículo escolar Oliveira, Vianna e Gerbassi (2007), apontam que a física da sala de aula não tem acompanhado os avanços tecnológicos dos últimos anos, o que é de interesse dos alunos. Muitos tem interesse em saber como funcionam os equipamentos que são apresentados nas mídias, revistas e jornais. É nessa hora que o papel do professor pode proporcionar aprendizagem contextualizada, pertinente e que possa desenvolver nos alunos suas aptidões para a física. Não se trata apenas do professor mudar a sua forma de lecionar, mas sim reformulação curricular comum, ou seja, toda a comunidade escolar poderia participar e contribuir com sugestões e proposta que visem atender às necessidades de toda a sociedade. A falta de atualização curricular não

favorece a aprendizagem de física, acabando por não abranger aspectos mais relevantes para sua formação.

A lacuna provocada por um currículo de física desatualizado resulta numa prática pedagógica desvinculada e descontextualizada da realidade do aluno. Isso não permite que ele compreenda qual a necessidade de se estudar essa disciplina que, na maioria dos casos, se resume em aulas baseadas em fórmulas e equações matemáticas, excluindo o papel histórico, cultural e social que a física desempenha no mundo em que vive. (Oliveira; Vianna; Gerbassi, 2007, p. 448)

Os estudantes tem necessidade em saber o porquê estudar certas disciplinas, qual a importância dela para seu futuro. Se essas perguntas não forem respondidas provavelmente não seguirão carreira naquela área. Unidades curriculares que proporcionem contextualização cultural, histórica e social e permitam aos alunos fazer relações no cotidiano, pode preencher o vazio que um currículo desatualizado não consegue atingir.

As atividades experimentais se apresentam como importante recurso didático pedagógico para desenvolver nos estudantes habilidades investigativas. Diante dessas atividades experimentais Hernandez, Clement e Terrazan (2002, p. 1) fazem considerações para a inserção no Ensino Médio:

[...] (a) aproximar, do ponto de vista dos procedimentos metodológicos, as atividades experimentais de caráter didático (as práticas de laboratório didático), das atividades experimentais de caráter científico (das práticas de laboratório de investigação), naqueles aspectos que forem possíveis e justificáveis tais aproximações, resguardando sempre o caráter de espaço de desenvolvimento e de difusão crítica da cultura que deve presidir a Escola Básica enquanto instituição e (b) rever e ampliar (nossas) concepções do que sejam "situações experimentais" do ponto de vista didático pedagógico, incluindo a escolha dos fenômenos, dos materiais e dos aparatos para uso em sala de aula.

O desenvolvimento de atividades experimentais pode proporcionar melhor assimilação da aprendizagem quando não se limita apenas na demonstração, indo além, proporcionando o contato direto nas atividades e, além disso, essas experimentações devem promover o senso crítico. A escolha dessas atividades deve levar em consideração os aspectos dos fenômenos físicos, procedimentos metodológicos e práticas pedagógicas. Diante da importância do experimento investigativo Cabral afirma que:

O experimento investigativo representa uma estratégia onde os alunos participam mais ativamente do processo de construção do saber. Dessa forma os estudantes percorrem todas as etapas de investigação dos conceitos, interpretação e possíveis soluções para o problema. Tal estratégia oferece aos alunos oportunidades de analisar situações problemáticas, coletar dados e informações, elaborar hipóteses e testá-las e ainda discutir sobre as observações e conclusões. Nessa perspectiva o professor deve auxiliar os alunos na busca de soluções e explicações do problema, ora

questionando idéias ou incentivando quanto a participação dos demais estudantes nos pontos de indecisão ou falta de consenso. (2015, p. 41)

O experimento investigativo pode proporcionar ao professor diversas estratégias, trabalhando aspectos mais atuais da FMC e de maneira contextualizada. Assim os alunos são desafiados a propor soluções para situações problemas, não seguindo apenas um roteiro, mas debater sobre os conceitos físicos que regem tal atividade proposta. O professor é o auxiliador, intervindo quando necessário, propondo soluções que possam responder aos objetos de investigação.

Uma maneira de inserir a Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio segundo Terrazzan (1992), é desenvolver tópicos com menos abordagem matemática. A escolha desses tópicos requer o cuidado quanto ao aprofundamento que se queira abordar, pois diante dela dependerá a metodologia empregada. O maior desafio é equilibrar os conteúdos que envolvem a Física Clássica e Física Moderna Contemporânea, em apenas três anos de Ensino Médio. Outro aspecto a ser considerado é o meio ambiente no qual o aluno está inserido, ou seja, a realidade imediata é fundamental quando se faz a seleção dos tópicos que serão desenvolvidos.

Segundo Ostermann, Ferreira e Cavalcanti (1998a) são muitas as razões para a introdução de tópicos de Física Moderna no ensino médio. Entre elas destacam-se:

[...] despertar a curiosidade dos estudantes e ajuda-los a reconhecer a Física como um empreendimento humano e portanto mais próxima a eles; os estudantes não tem contato com o excitante mundo da pesquisa atual em Física pois não vêem nenhuma Física além de 1900. Esta situação é inaceitável em um século no qual idéias revolucionarias mudaram a ciência totalmente; é do maior interesse atrair jovens para a carreira científica. Serão eles os futuros pesquisadores e professores de Física. (OSTERMANN, 1998a, p. 270)

A introdução de conteúdos da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio pode instigar os estudantes, promovendo a curiosidade dos alunos de maneira que possam compreender a Física como uma construção humana, ou seja, torná-la mais próxima de sua realidade. Com um mundo de tecnologia que avança rapidamente, é inaceitável que os tópicos de FMC se limitem apenas à Física do início século XX. Os futuros profissionais que atuarão nas carreiras científicas, tecnológica e de pesquisa, precisam se sentir atraídos por elas. A maneira como os profissionais da educação abordam FMC pode influenciar muitos jovens a continuar seus estudos após a formação no Ensino Médio, principalmente nas áreas científicas.

De acordo com Leonel e Sousa (2009):

Atualmente os avanços científicos e tecnológicos têm despertado nos jovens interesse por temas relacionados com as Ciências. A Física, de um modo geral, tem contribuído bastante nesse avanço. Entretanto, é preocupante o modo com o Ensino de Ciências, particularmente a Física no Ensino Médio, não têm acompanhado esse desenvolvimento e cada vez mais se distancia do que os alunos se interessam e necessitam para o alcançarem uma Alfabetização Científica e Tecnológica. (LEONEL; SOUSA, 2009, p. 4)

Uma vez iniciado o processo de alfabetização científica e tecnológica é necessário que este tenha continuidade. Pois a tecnologia está em constante modificação, sendo assim, a alfabetização científica e tecnológica poderia ser implantada ainda nas series iniciais. Desta maneira, teria um cenário gradativo de alfabetização científica, onde o interesse dos estudantes para as áreas científicas poderia ser melhor trabalhados, consistindo em um processo sólido.

Segundo Leonel e Sousa (2009), o atraso no ensino de física em comparação com os avanços científico e tecnológico geram indagações por parte dos alunos do porquê estudar física, não conseguindo relacioná-la no seu cotidiano. O ensino de física quando voltado a responder questionamentos do cotidiano, pode minimizar esse atraso provocado por um currículo ultrapassado, que não permite aos alunos ver algum sentido na física vista em sala de aula.

Conforme constam nos PCN+, é importante que os alunos tenham compreensão da Física Moderna, pois:

Alguns aspectos da chamada Física Moderna serão indispensáveis para permitir aos jovens adquirir uma compreensão mais abrangente sobre como se constitui a matéria, de forma que tenham contato com diferentes e novos materiais, cristais líquidos e *lasers* presentes nos utensílios tecnológicos, ou com o desenvolvimento da eletrônica, dos circuitos integrados e dos microprocessadores. (BRASIL, 2002, p. 70)

A Física Moderna é conteúdo previsto nos PCN+, a importância dela vai além de apenas mais um conhecimento, ela é parte integrante de equipamentos utilizados no dia a dia, diversos princípios físicos são explicados através dela, como: os raios X, o efeito Doppler, a quantização da Carga, Luz e Energia. A FMC está presente nas tecnologias hospitalares, industriais, usinas nucleares e muitas outras aplicações.

Com o avanço constante da tecnologia o sistema educacional precisa evoluir, e o computador tem se tornado ferramenta importante no processo de aprendizagem nesse aspecto, principalmente quando se faz uso de simuladores educacionais.

Visto que a maioria das experiências de Física Moderna e Contemporânea não pode ser feita nos laboratórios escolares, uma excelente forma de contornar este problema é através do uso de simulações computacionais que além de contribuir para esta atualização curricular também traz à luz uma discussão acerca da atualização dos mecanismos que podem ser utilizados para o ensino de Física. (PIETROCOLA; BROCKINGTON, 2003, p. 1)

Neste sentido, pela complexidade em reproduzir alguns experimentos da Física Moderna e Contemporânea, os simuladores computacionais se tornam instrumentos importantes pelo aspecto de manipulação, permitindo a interação e criação de hipóteses, reconstruindo situações problemas.

Uma simulação é capaz de traduzir o que é “impossível” de ser feito por palavras e, no caso da Física Moderna, pode reproduzir o que não pode ser feito em laboratório. Ela é capaz de “embutir” todo o formalismo matemático de partes da Física. Assim, o aluno mesmo sendo incapaz de fazer ou compreender a sofisticação matemática envolvida em um determinado experimento ou fenômeno, pode usar a simulação e entender a Física ali apresentada. (PIETROCOLA; BROCKINGTON, 2003, p. 2)

Aparelhos tecnológicos como o computador têm se tornado importantes auxiliares no processo de ensino aprendizagem, amenizando os problemas enfrentados pelo atual modelo curricular ultrapassado. Mas o computador por si só não é capaz de promover melhor aprendizagem, afinal o professor é o mediador do conhecimento, utilizando estratégias que possam conduzir aos objetivos propostos. Sobre este assunto Cardoso e Dickman (2012, p. 895) afirmam que:

O grande objetivo da utilização de tecnologia no processo de aprendizagem é fazer dela ferramenta de ensino e, considerando computadores e *internet*, o ensino de física por meio desses equipamentos pode superar, ou no mínimo amenizar, a problemática gerada pelo ensino atual. Dessa forma, busca-se levar ao estudante a formação física adequada, deixando que a matemática faça sua parte de forma menos constante. Isso significa produzir aulas interessantes, que priorizem a metodologia e não somente o conteúdo, o raciocínio científico, o aluno pesquisador e o desenvolvimento da estrutura cognitiva.

Um dos objetivos do uso de computadores no ensino é buscar novas metodologias que abranja aspectos mais relevantes e interessantes possibilitando aos estudantes aprenderem de maneira contextualizada, não se limitando apenas na linguagem matemática, mas dando enfoque no ensino da Física. Neste sentido essas novas tecnologias empregadas em sala de aula servem de suporte no processo de aprendizagem, possibilitando novas descobertas e interações. Em muitas escolas é possível encontrar o computador presente já nas séries iniciais, isso não significa que as aulas são melhores por que o computador está presente, se esta ferramenta não for bem utilizada pode ser que isso se torne um

obstáculo. A metodologia empregada na sala de aula necessita ser bem estruturada, para que o computador sirva como ferramenta auxiliadora no processo de aprendizagem.

Em busca de alternativas para a inserção de tópicos de Física Moderna e Contemporânea, Pinto e Zanetic (1999) dão ênfase em uma abordagem conceitual histórica e filosófica e apontam as dificuldades em trabalhar a Física Quântica no Ensino Médio:

A primeira refere-se ao formalismo matemático inerente à descrição quântica; outra, diz respeito às novidades conceituais que se distanciam da Física Clássica de forma ainda mais acentuada do que esta da Física do senso comum; a terceira dificuldade está relacionada com o tratamento experimental dos temas quânticos. Assim, temos que ir em busca de formas alternativas e tentativas. (PINTO; ZANETIC, 1999, p.8)

A Física Moderna e Contemporânea permite um amplo horizonte de possibilidades, indo além de formalismo tradicional. Esses conteúdos não podem ser trabalhados em uma única perspectiva, correndo risco de não se atingir os objetivos propostos. As dificuldades encontradas não podem superar a busca por alternativas e tentativas de introduzir a Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio.

Valadares e Moreira (1998, p. 121) salientam ser “imprescindível que o estudante do ensino médio conheça os fundamentos da tecnologia atual, já que ela atua diretamente em sua vida e certamente definirá o seu futuro profissional.” Isso posto, é importante introduzir os conceitos básicos da Física Moderna aproximando a física vista em sala de aula e a física vivenciada no cotidiano.

Valadares e Moreira (1998) apresentam três tópicos da Física Moderna como forma de introdução no Ensino Médio. São eles: o efeito fotoelétrico, o laser e a emissão de radiação do corpo negro, dando ênfase a suas aplicações e seu baixo custo.

Felizmente, hoje em dia é possível adquirir por preços bem acessíveis uma caneta-laser e vários outros artefatos tecnológicos que permitem introduzir na sala de aula novos enfoques. Além disso, é possível construir uma série de modelos e protótipos de dispositivos e equipamentos que ilustram os princípios da Física Moderna e suas aplicações práticas. Com isso, o estudante passa a ter uma motivação a mais, já que ele passa a ver o mundo com outros olhos. (VALADARES; MOREIRA, 1998, p. 360)

Vários conteúdos da FMC podem ser trabalhados com equipamentos de baixo custo, principalmente os eletrônicos, que permitem uma série de atividades de práticas experimentais.

O uso de equipamentos eletrônicos é um recurso que pode ser usado para introduzir a Física Moderna, pois é possível realizar atividades simples com materiais de baixo custo, como salienta Rocha Filho, Salami e Hillebrand (2006, p. 555):

No âmbito da sala de aula, tanto o efeito fotocondutivo quanto o efeito fotovoltaico permitem a realização de experimentos relativamente simples. De um lado, porque os Resistores Dependentes de Luz (LDRs) são baratos, e podem ser adquiridos em lojas de componentes eletrônicos, e de outro, porque dispositivos semicondutores comuns, como transistores desencapsulados, podem servir como material de experimentação para a geração de fotoeletricidade. Com um mínimo de recursos o professor pode atrair o interesse de seus alunos para a Física, com experimentos nessa área.

Silva e Assis (2012) propõe como atividade experimental o uso de materiais de baixo custo, para abordagem do efeito fotoelétrico, salientando a participação do professor exemplificando aplicações tecnológicas envolvendo este fenômeno.

Uma maneira de trabalhar a FMC é buscar alternativas, como realizaram Cavalcante e Tavolaro (2001) que abordaram a inserção de tópicos de Física Moderna através de oficinas, em um trabalho realizado na 5ª SBPC (Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência) Jovem. Neste trabalho eles enfatizam o comportamento dual da luz, no primeiro momento fazendo um apanhado geral da diferença entre onda e partícula, em seguida entrando nos aspectos específicos sobre: ondas eletromagnéticas; fenômenos ondulatórios: interferência e difração; comportamento dual da luz e finalizam apresentando o caráter interdisciplinar da oficina, passando por questões históricas e filosóficas na ciência até as questões tecnológicas que abrangem a Física Moderna e Contemporânea.

Em outro trabalho denominado: “Instrumentação para o ensino de física moderna e sua inserção em escolas de ensino médio - relato de experiência”, realizado por Vicentini et al. (2011), são relatadas experiências e atividades desenvolvidas na cidade de Guarapuava e região. Este trabalho foi realizado por uma equipe de seis docentes do Departamento de física da Unicentro e seis discentes, os tópicos escolhidos foram os seguintes: Corpo Negro, Efeito Fotoelétrico, Constante de *Planck*, Dualidade Onda partícula, A Origem do Universo, As Evidências do *Big Bang*, Átomo de Bohr, Polaróides e Cristais Líquidos, Fissão e Fusão Nuclear, Física das Radiações, *Laser*, Raios X, Relatividade, Condutores e Isolantes, Semicondutores, Fibras ópticas, Computação Quântica e Câmaras de Ionização. Sobre cada tema foram realizados seminários para professores e alunos, oficinas, experimentos de baixo custo e pôster ilustrativo. O projeto desenvolvido nas escolas públicas da cidade de Guarapuava e região, foi de grande aceitação e visto de forma positiva, tendo

em vista que a maioria dos professores que ministram as disciplinas de físicas são formados em matemática, alguns possuindo apenas habilitação em física.

Conforme mencionado anteriormente, são vários os argumentos para inserção de tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio. Com base nisso, o tópico sobre o efeito fotoelétrico será abordado neste trabalho tendo em vista sua vasta área de aplicação tecnológica presente na atualidade.

4.1 A Física Moderna e os professores

A Física Moderna e Contemporânea não é trabalhada no ensino médio pela maioria dos professores, mas qual a razão para que esse conteúdo não seja tão explorado? Em um trabalho denominado “Física moderna no ensino médio: o que dizem os professores” de ROCHA FILHO, SALAMI E HILLEBRAND, 2006, é possível encontrar algumas respostas de professores que justificam o porquê não trabalham esse assunto.

Uma das perguntas feita aos professores foi se em algum momento eles já trabalharam com tópicos de Física Moderna no Ensino Médio, quais tópicos, e se não com quais tópicos gostariam de trabalhar? De dez professores entrevistados sete nunca se quer abordaram esse assunto, a justificativa é pelo fato de tudo ser tão corrido no dia a dia e a preocupação em priorizar conteúdos de vestibulares, em detrimento de outros. Já os outros três professores que disseram trabalhar com a FMC, apenas afirmaram terem feito uma abordagem superficial.

Outra pergunta feita aos professores foi “Se houvesse um material já disponível e dependendo da possibilidade de inserção na sua programação, você gostaria de usar esse material?” Todos os professores responderam que gostariam de ter um material já disponível porém apontam algumas dificuldades:

- Questões como impossibilidade de utilização no ensino particular devido ao fato do tópico não ser assunto de vestibular, atualização e capacitação dos professores para abordar o “novo” tópico, disponibilidade de tempo são exemplos de problemas apontados pelos professores que necessitam ser analisados para que se possa incorporar essa proposta metodológica à sua prática pedagógica.

4.2 Efeito fotoelétrico

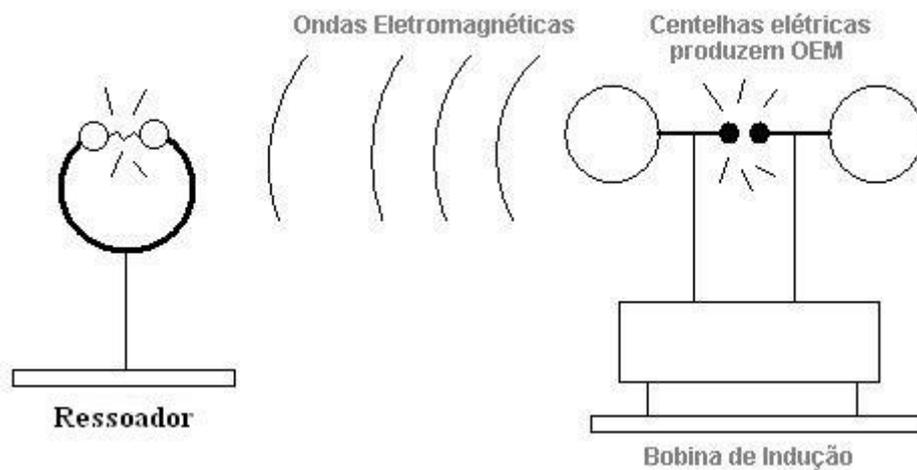
O efeito fotoelétrico consiste na emissão de elétrons de uma superfície metálica quando esta é submetida a presença de radiação (luz) de determinada frequência. A descoberta do efeito fotoelétrico é normalmente atribuída a Heinrich Rodolph Hertz (1857-1894), conforme constatado por Mangili (2012, p. 33):

[...] a “descoberta” do Efeito Fotoelétrico, que é comumente atribuída a Heinrich Rodolph Hertz (1857-1894) por diversos físicos e historiadores, tais como Joseph Mulligan, Armando Gibert, e também por autores de livros didáticos, tais como: Francis Sears, Mark Zemansky, Hugh Young, e ainda H. Moysés Nussenzveig. Essas duas últimas obras são amplamente utilizadas em cursos de Física e Engenharia de diversas universidades do Brasil.

Mas será que a descoberta do efeito fotoelétrico pode ser realmente creditado a Hertz? Heinrich Rudolph Hertz nasceu em 22 de fevereiro de 1857 na cidade alemã de Hamburgo. Ingressou na carreira de engenharia, mas seu desejo foi mesmo em atuar na carreira científica, principalmente na parte da física aplicada, com foco na área da eletricidade.

Tempos depois Hertz abandonou o curso de engenharia e mudou-se para a cidade de Berlim, onde passou a se dedicar à Física, trabalhando no laboratório da faculdade de Berlim. Onde mais tarde em 1886 conseguiu explicar a teoria de James Clerk Maxwell experimentalmente, comprovando a existência das ondas eletromagnéticas e que a própria luz seria uma onda eletromagnética. Hertz percebeu na experiência que quando era aproximada luz no terminal negativo a quantidade de faíscas aumentava, mas não conseguiu propor nenhuma explicação, porém imaginou que a eletricidade e a luz tivessem algo em comum.

FIGURA 1: Experimento de Hertz sobre a existência das ondas Eletromagnéticas



FONTE: Sites Google, 2016

O físico alemão Wilhelm Ludwig Franz Hallwachs (1859-1922), deu continuidade ao trabalho de Hertz no ano de 1888. Para analisar a atuação da luz ultravioleta em corpos carregados eletricamente, Hallwachs realizou uma experiência em placa de zinco circular polida montada em base não condutora (isolante), e conectada através de um arame em um eletroscópio de folha de ouro, carregado negativamente. O que se notava era que as cargas no eletroscópio se perdiam lentamente, porém se a placa fosse submetida a ação da luz ultravioleta, a perda de cargas no eletroscópio acontecia de maneira muito rápida. Caso fosse ligada a placa positivamente a descarga acontecia lentamente. Mesmo com a realização deste experimento Hallwachs não conseguiu propor nenhuma teoria sobre este fenômeno (BARTHEM, 2005).

Em 1897 Joseph John Thomson descobriu o elétron e no ano de 1906 recebeu o prêmio Nobel da física. Utilizando um tubo de raios catódicos contendo dentro gás de baixa pressão e eletrodos nas extremidades, Thomson aplicou alta tensão entre os eletrodos positivo (ânodo) e o eletrodo negativo (cátodo), e verificou que acontecia emissão de radiação dentro do tubo. Foi o primeiro cientista a propor que a radiação ultravioleta era capaz de emitir elétrons de metais, para isso propôs um modelo onde a luz fosse formada de partículas descontínuas.

Outro cientista a dar continuidade nos trabalhos de Hertz foi Philipp Eduard Anton von Lenard. Em 1902 ele investigou como a energia dos fotoelétrons irradiados sofriam variação quando sujeitos a intensidade da luz, para isso:

Ele usou a luz de um arco entre eletrodos de carbono, podendo variar a intensidade por um fator de mil. Os elétrons ejetados atingiam uma outra placa de metal, o coletor, a qual era conectada ao catodo através de um fio passando por um amperímetro muito sensível, de forma a medir a corrente produzida pela iluminação. Para medir a energia dos elétrons ejetados, Lenard carregava a placa coletora negativamente repelindo, assim, os elétrons que viessem contra ela. Dessa forma, somente os elétrons ejetados com energia cinética suficiente poderiam vencer este potencial e se somar à corrente medida. (BARTHEM, 2005, p. 48)

Com a realização dessa experiência Lenard descobriu que existia uma tensão mínima capaz de frear os elétrons antes que ele pudessem atingir o coletor, dando o nome de potencial frenador. Porém o potencial frenador não dependia da intensidade da luz, ao dobrar a intensidade da luz o que acontecia era o dobro no número de elétrons emitidos, porém a energia dos elétrons permanecia a mesma. Utilizando uma lâmpada a arco ele conseguiu separar as componentes de cada espectro da luz, analisando separadamente cada cor espectral. Com isso ele percebeu que a energia com que os elétrons era ejetados dependia de cada cor. Quanto maior fosse a frequência da luz, com maior energia os elétrons eram emitidos.

Outro cientista que foi muito importante para que a descoberta do efeito fotoelétrico propriamente dito acontecesse foi Max Karl Ernst Ludwig Planck, nascido em 1858 em Kiel, Alemanha. Em 1887 começou a estudar o problema da Física Clássica sobre a radiação do corpo negro.

Segundo Brennan:

um *corpo negro* é um objeto teórico que absorve todas as frequências da luz; por isso, quando aquecido, deveria irradiar todas as frequências da luz. Havia, contudo, um problema com a teoria do corpo negro. O número de diferentes frequências na faixa de alta frequência é maior que na faixa de baixa frequência. Se um corpo negro irradiasse igualmente todas as frequências de radiação eletromagnética, praticamente toda a energia seria irradiada na faixa de alta frequência. Essa situação teórica foi chamada de *catástrofe ultravioleta* porque a mais alta frequência de irradiação no espectro da luz visível é violeta e por consequência, teoricamente, um corpo negro aquecido deveria irradiar unicamente ondas luminosas ultravioleta. Eu disse "situação teórica" porque na realidade as coisas não se passavam dessa maneira (essa era a "catástrofe" da expressão) e a teoria da física da época não era capaz de explicar por quê. (1998, p. 77)

O contexto dessa época entendia a Luz como sendo uma onda, diversos cientistas tentaram explicar a catástrofe do ultravioleta mas sem sucesso.

Em 1900, Planck verificou que, para esclarecer a radiação do corpo negro, teria de inserir um conceito completamente novo. Para isso considerou que a energia, assim como a matéria, seria composta de pequenas unidades ou pacotes. Nomeou essa unidade de

radiação de energia de *quantum* (palavra de origem latina que significa “quanto”), no plural, *quanta*. Para isso utilizou de um artifício matemático, considerando a Energia diretamente proporcional a frequência $E=nhf$, onde:

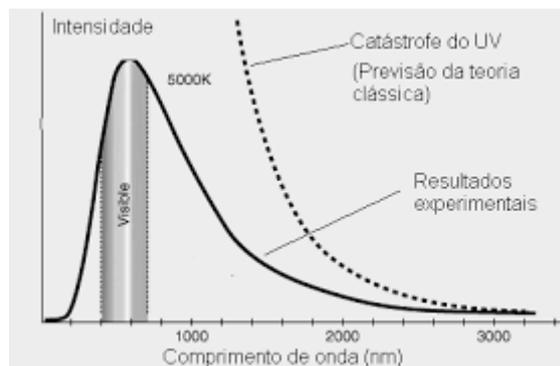
E = energia

$n = 0, 1, 2, 3, \dots$

f = frequência

h = constante de Planck $6,626196 \times 10^{-34}$ J.s

FIGURA 2: Gráfico dos resultados experimentais x a Física Clássica sobre a radiação do corpo negro



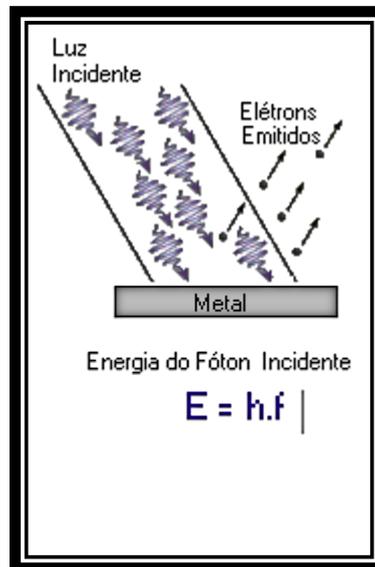
FONTE: Os Fundamentos da Física; Editora Moderna

O efeito fotoelétrico foi explicado por Albert Einstein em 1905, no qual ele relaciona a energia do elétron ejetado com a frequência da luz incidente e a função trabalho (energia necessária para o elétron escapar do metal), foi justamente por esse trabalho que ele ganhou o prêmio Nobel da física. O efeito fotoelétrico segundo Hallyday, Resnick e Walker (2009, p.188) acontece “quando iluminamos uma superfície de um metal com um raio luminoso de comprimento de onda suficientemente pequeno, a luz faz com que elétrons sejam emitidos pelo metal.” A Física Clássica estabelece que a energia necessária para emissão de elétrons é proporcional à intensidade da luz. Ou seja, quanto maior for a intensidade luminosa aplicada maior será a energia de emissão dos elétrons.

Utilizando a mesma idéia proposta por Planck, para resolver a questão da radiação do corpo negro, Einstein propôs que a energia dos elétrons é proporcional à frequência da

luz e não à intensidade. Neste caso a intensidade da luz apenas define a quantidade de elétrons emitidos, e não a energia de emissão.

FIGURA 3: O efeito fotoelétrico



FONTE: Instituto de Física da Universidade do Rio Grande do Sul

O fenômeno do efeito fotoelétrico é essencial para o funcionamento de diversos equipamentos tecnológicos presentes na atualidade, como por exemplo: portas de shoppings, iluminação pública, visores noturnos, contagem de peças em sistemas automáticos, painéis solares entre outras aplicações.

5. A PROPOSTA DIDÁTICA

Este trabalho consistiu na elaboração de uma proposta didática baseada em conteúdos da Física Moderna e Contemporânea. Após várias consultas em muitos trabalhos o tema escolhido para desenvolvimento das atividades foi o efeito fotoelétrico. Diversos autores há muito tempo tem relatado a importância da introdução de tópicos da FMC, e diversos trabalhos tem apresentado sugestões para a implementação em sala de aula.

A seguir é apresentada a proposta didática, foi subdividida em quadros para melhor entendimento das atividades realizadas em sala de aula. A sequência completa encontra-se no apêndice 01.

Neste quadro temos a identificação da instituição de ensino, turma, curso, disciplina e a quantidade de aulas utilizadas para a realização das atividades. Também neste quadro consta uma breve justificativa da importância do tema abordado.

IDENTIFICAÇÃO
Escola: INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA – JARAGUÁ DO SUL Professor: Disciplina: Física Turma: 3ª Fase Integrado em Química Número de aulas: 04 aulas
JUSTIFICATIVA
<p>O efeito fotoelétrico está presente em diversos equipamentos do cotidiano, como fotocélulas, portas automáticas, geração de energia solar, controle de sistema automático de iluminação.</p> <p>O uso de simuladores é capaz de superar situações que palavras não conseguem descrever, neste caso apenas a argumentação teórica não seria capaz de promover no aluno a compreensão eficaz sobre determinado conceito, enquanto que em uma simulação virtual tem potencial para produzir no aluno melhor entendimento sobre o fenômeno estudado (PIETROCOLA; BROCKINGTON, 2003). O ensino através de experimentos investigativos possibilita aos alunos contato com situações problemas, sendo este um recurso que proporciona aos estudantes participar ativamente do processo de construção do saber (CABRAL, 2015).</p>

Nesta proposta de trabalho serão realizadas duas atividades investigativas sobre o efeito fotoelétrico utilizando circuitos eletrônicos, também será utilizado um simulador educacional virtual (*PHET*). Estas atividades serão dirigidas pelo professor, durante este processo serão realizadas perguntas aos alunos a fim de norteá-los aos objetivos propostos.

Aqui é possível verificar o saber e os objetivos de aprendizagem para realização das atividades.

SABERES	
Efeito fotoelétrico.	
OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM	
O aluno deverá ser capaz de:	
<ul style="list-style-type: none"> • Compreender como acontece o fenômeno do efeito fotoelétrico. • Identificar como a intensidade da luz influencia no funcionamento de dispositivos fotossensíveis. • Identificar como as “cores” influenciam na alteração do som emitido pelo autofalante de um circuito eletrônico. • Relacionar o funcionamento de sistemas de controle automático de iluminação com o efeito fotoelétrico. 	

Neste quadro estão contidos os momentos didáticos, consistindo em uma síntese dos procedimentos didáticos desenvolvidos pelo professor.

MOMENTOS DIDÁTICOS	
1ª AULA	
1º momento (5 min.)	Introdução explicativa ao alunos sobre a proposta a ser realizada.
2º momento (35 min.)	Verificação dos conhecimentos prévios dos alunos sobre o efeito fotoelétrico através de perguntas. Aula expositiva e dialogada com apresentação de <i>slides</i> .

3º momento (15 min)	Realização de atividade investigativa sobre o efeito fotoelétrico utilizando simulador <i>Phet</i> .
2ª AULA	
1º momento (15 min.)	Apresentação de experimento demonstrativo investigativo, através de circuitos eletrônicos manipulados pelos alunos, atividades em grupo.
2º momento (40 min.)	Os grupos realizam as atividades experimentais.
3ª AULA	
1º momento (55 min.)	O professor troca os circuitos dos grupos para que todos façam as duas atividades.
4ª AULA	
1º momento (25 min.)	Aplicação de questionário aos alunos sobre as atividades realizadas.
2º momento (30 min.)	Discussão dos resultados experimentais e contextualização dos conceitos físicos.

Nos procedimentos didáticos estão contidas todas as etapas fundamentais para que a proposta deste trabalho fosse executada. Aqui estão detalhados a maneira como o professor procede do início ao final das atividades. Esta etapa é de suma importância, pois, é a partir dela que os alunos poderão ter entendimento de como acontece o efeito fotoelétrico e assim conseguir compreender as atividades que lhe serão apresentadas na sequência da proposta.

PROCEDIMENTOS DIDÁTICOS	
1ª AULA	
1º momento (5 min.)	Neste primeiro momento o professor faz uma breve apresentação das atividades que serão realizadas na seguinte ordem: a descoberta do efeito fotoelétrico; manipulação do simulador <i>PEHT</i> e realização de duas atividades investigativas contendo circuitos eletrônicos.

2º momento (35 min.)	<p>O professor inicia este momento através de perguntas para explorar os conhecimentos prévios dos alunos, como:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Quem ascende as lâmpadas dos postes da cidade ao anoitecer e quem desliga quando amanhece? 2) Quem abre as portas de lojas quando as pessoas se aproximam? <p>Após estas perguntas o professor faz uma breve análise das respostas, e anota no quadro as respostas dos alunos.</p> <p>Em seguida, o professor com o auxílio do projetor multimídia apresenta o histórico da descoberta do efeito fotoelétrico, mostrando os primeiros cientistas que observaram este fenômeno, quem apresentou este conceito e sua aplicação no cotidiano. Esta apresentação de <i>slides</i> encontra-se no apêndice 01.</p>
3º momento (15 min)	<p>O professor utiliza o simulador virtual educativo <i>PHET</i>, nesta atividade manipula as variáveis e faz perguntas aos alunos, que deverão anotar em seus cadernos o que eles acreditam que está acontecendo, ao final o professor anota no quadro as respostas dos alunos.</p> <p>Perguntas que o professor fará ao manipular o simulador:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) O que acontece no circuito quando uma superfície metálica do elemento sódio é iluminada e o comprimento de onda selecionado é de 850nm? Nesta situação o que acontece se variar a tensão. 2) O professor altera o comprimento de onda para 539nm. O que acontece agora? O professor varia a intensidade de iluminação e repete a pergunta. O que acontece agora? E se variar a tensão? Por que isso acontece? 3) O professor repete os procedimentos anteriores para os menores comprimentos de onda. Finaliza contextualizando as variáveis do simulador e os conceitos físicos nele envolvido.
2ª AULA	
1º momento (15 min.)	<p>Neste primeiro momento o professor apresenta quatro circuitos eletrônicos aos alunos (conforme anexo 02), dois de cada tipo, montado</p>

	<p>previamente em uma <i>Protoboard</i> (placa com orifícios contendo conexões condutoras para realização de atividades eletroeletrônicas). Em seguida, o professor divide a turma em 03 grupos de 08 alunos e um com 09 alunos e entrega um circuito eletrônico para cada grupo. Na sequência os alunos recebem um roteiro que irá norteá-los durante a realização das atividades, o roteiro deve ser respondido em grupo. O professor deve estar sempre atento quanto ao desenvolvimento das atividades, intervindo quando solicitado ou perceber que os alunos estão com dificuldades. No apêndice 02 encontra-se o roteiro de atividades ao professor e no apêndice 03 o roteiro aos alunos.</p>
2º momento (40 min.)	Os alunos manipulam os experimentos em grupo, respondendo as questões do roteiro experimental que norteiam as atividades.
3ª AULA	
1º momento (55 min.)	O professor deve trocar os circuitos dos grupos após eles terminarem a primeira atividade, ou seja, como tem-se dois tipos de circuitos e quatro placas, dois grupos realizam a atividade 01 e dois a atividade 02, em seguida eles invertem os experimentos.
4ª AULA	
1º momento (25 min.)	Ao final de todas as atividades será aplicado um questionário aos alunos, que deverão ser respondidos em dupla. Onde eles responderão questões referentes aos conceitos envolvidos e também avaliarão as atividades realizadas em sala de aula. Os alunos deverão entregar o questionário ao professor. O questionário aplicado aos alunos encontra-se no apêndice 04.
2º momento (30 min.)	Após os alunos responderem ao questionário avaliativo, o professor finaliza a aula discutindo os resultados experimentais e faz a contextualização final dos conceitos físicos envolvidos nas atividades.

Nesta seção contém informações referentes aos materiais utilizados ao longo da implementação e o tipo de recurso usado para avaliar a aprendizagem dos alunos.

RECURSOS DIDÁTICOS

Projektor multimídia, quadro, slides, pincel atômico, simulador virtual, experimentos.
--

AVALIAÇÃO

Questionário avaliativo respondido em dupla.
--

6. METODOLOGIA

Neste presente trabalho optou-se como modalidade de pesquisa a: qualitativa. Onde, a importância central da pesquisa consiste na observação dos significados conferidos pelos sujeitos em seus atos diante da realidade socialmente construída, durante observação participativa, ou seja, o investigador está inserido no acontecimento de interesse (MOREIRA, 2011). Este tipo de pesquisa é vasto em informações segundo Lüdke e André (1986, p.12) “O material obtido nessas pesquisas é rico em descrição de pessoas, situações, acontecimentos; inclui transcrições de entrevistas e de depoimentos, fotografias, desenhos e extratos de vários tipos de documento”.

A proposta foi desenvolvida com 33 estudantes da 3ª fase do curso Técnico Integrado em Química do Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), localizado na cidade de Jaraguá do Sul. O IFSC nesta modalidade de ensino tem como objetivo a formação educacional no Ensino Médio e concomitantemente Técnico em Química. A grade curricular é diferente do Ensino Médio Estadual, a duração do curso é de quatro anos divididos em oito semestres. O ingresso no curso se dá através de processo seletivo duas vezes ao ano, uma no início e outra na metade do ano.

A coleta de dados para responder as questões de pesquisa se deu através de questionários, um dirigido ao professor (entrevista) e o outro aos alunos. Segundo Marconi e Lakatos (2008, p. 86) o “questionário é um instrumento de coleta de dados constituído por uma serie ordenada de perguntas, que devem ser respondido por escrito [...]”. Eles apresenta várias vantagens para o uso de questionário. Entre elas: Obtém respostas mais rápidas e mais precisas; Há maior liberdade nas respostas, em razão do anonimato; Há mais segurança pelo fato de as respostas não serem identificadas; Há mais uniformidade na avaliação, em virtude da natureza impessoal do instrumento.

Quanto a classificação das perguntas foram do tipo abertas, esse tipo de pergunta permite ao informante maior liberdade nas respostas, possibilitando emitir suas próprias conclusões e opiniões.

Para que as questões de pesquisa pudessem ser respondidas foi elaborada uma entrevista com o professor. O objetivo desta entrevista foi verificar a opinião do professor diante das atividades lhes apresentadas e saber suas sugestões de melhoria. Essa entrevista se deu através de um roteiro previamente estabelecido, com perguntas abertas, conforme pode ser verificado no apêndice 02.

6.1 Fontes de informação e instrumentos de coleta de dados

No quadro abaixo é possível verificar as questões de pesquisa, bem como os sujeitos envolvidos no processo e os instrumentos utilizados.

QUESTÃO DE PESQUISA	FONTE DE INFORMAÇÃO	INSTRUMENTOS DE COLETA
1. Qual a receptividade dos alunos mediante a realização de uma proposta didática e sobre o efeito fotoelétrico, a partir de uso de simulador e circuitos eletrônicos no Ensino Médio?	Estudantes	Questionário
2. Quais as dificuldades encontradas pelos alunos mediante a realização de uma proposta didática sobre o efeito fotoelétrico Ensino Médio?	Estudantes	Questionário
3. Qual a receptividade do professor diante da proposta didática sobre o efeito fotoelétrico no Ensino Médio?	Professor	Entrevista
4. O que o professor mudaria na proposta didática sobre o efeito fotoelétrico após a implementação em sala de aula no Ensino Médio?	Professor	Entrevista

6.2 A implementação da proposta

Antes de implementar a proposta em sala de aula, o autor do presente trabalho teve encontros extra classe com o professor responsável por implementá-la. Esses encontros foram muito importante e serviram para explicar ao professor o objetivo da proposta. Durante esses encontros o professor contribuiu com sugestões para melhoria do trabalho, explicou o perfil da turma e procurou saber as práticas que seriam realizadas em sala de aula, testando os experimentos previamente. Essa participação do professor durante construção da proposta contribuiu para que eventuais circunstâncias não prevista pelo autor fosse testadas e corrigidas.

No dia da implementação da proposta o autor se fez presente a fim de ter neutralidade neste processo, apenas observando o andamento das atividades e verificando questões para posterior análise.

O professor procurou seguir todos os passos contidos na proposta, não deixando com que o foco das aulas fosse desviado, mas não deixou de dar a liberdade para os alunos se expressarem e participarem das discussões. O perfil da turma contribuiu bastante para o bom andamento das atividades, quase todos são participativos e curiosos. Em vários momentos trouxeram exemplos do cotidiano, procurando fazer relações com os conceitos físicos estudados.

Após a explanação das questões históricas e conceituais envolvendo o efeito fotoelétrico, o professor entregou os experimentos para os alunos. As práticas experimentais ocuparam duas aulas inteiras. Durante o desenvolvimento das atividades o professor esteve sempre atento para auxiliar os alunos quando surgia alguma dúvida.

Por fim, todos os grupos realizaram as duas atividades contidas na proposta didática e em dupla responderam ao questionário avaliativo.

As questões de análise deste trabalho estão apresentadas e argumentadas no capítulo 08 deste trabalho.

7. CRONOGRAMA

No quadro abaixo encontram-se as informações referentes a organização do desenvolvimento das etapas deste trabalho.

ETAPAS	fev/16	mar/16	abr/16	mai/16	jun/16
Levantamento bibliográfico	x				
Fichamento de textos		x			
Revisão da fundamentação teórica			x		
Desenvolvimento da proposta				x	
Implementação da proposta				x	
Análise dos resultados					x
Revisão final					x

8. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Este capítulo contém as análises divididas em três partes, são apresentadas as questões da proposta didática, questionário avaliativo e entrevista com o professor. O foco de análise principal é o questionário avaliativo respondido pelos alunos juntamente com a entrevista com o professor.

8.1 Questões da proposta didática

Nesta seção estão contidas as respostas dos alunos referentes aos dois experimentos realizados pelo professor. As respostas aqui apresentadas são referentes aos grupos, denominados de grupo 1, grupo 2, grupo 3 e grupo 4, respostas iguais ou muito similares foram unificadas nos tópicos. Seguindo o roteiro de atividades os alunos descreveram o que foi pedido, conforme apresentado a seguir.

Com uma lanterna convencional ou lanterna do celular aproxime do sensor sobre as bases circulares disponibilizadas pelo professor e observe o circuito. Anote o que você percebeu.

- Grupo 1: Quando aproximamos a lanterna próxima do sensor das bases circulares, a luz do LED acendia. A lanterna incide luz branca no sensor e a luz do LED é azul;
- Grupo 2 e grupo 4: Percebemos que o LED acendeu quando aproximamos a lanterna das bases circulares;
- Grupo 3: Com a lanterna normal do celular sem filtro, percebemos que o LED receptor brilhou com luminosidade forte.

Esse primeiro procedimento consistiu em os alunos verificarem o funcionamento do circuito relatando o que observaram. Todos conseguiram verificar que o LED acendeu.

No procedimento seguinte foi pedido: Agora na frente da lanterna ou do celular coloque um dos filtros de luz sobre as bases circulares disponibilizadas pelo professor e verifique o circuito. Anote o que você percebeu.

- Grupo 1: Utilizamos o filtro azul, e com ele observamos que a luminosidade do LED receptor é menos intensa do que com a lanterna do celular;

- Grupo 2: Houve pouca alteração na intensidade do LED;
- Grupo 3: Quando colocado o filtro na frente da lanterna a luz do LED acendia também, mas era menos luminosa;
- Grupo 4: Quando fizemos o experimento em sala, aproximamos o filtro azul a luz ficou mais fraca do que a branca.

Como pode ser verificado apenas o grupo 02 não conseguiu perceber muita alteração na intensidade de iluminação quando foi utilizado os filtros.

Seguindo o terceiro passo os alunos repetiram o procedimento anterior para os demais filtros.

- Grupo 1: Toda vez que repete o processo de colocar o filtro entre a lanterna e o sensor do circuito, o brilho do LED varia de intensidade;
- Grupo 2: Na sala observamos alteração no LED ao usar os filtros. Já no laboratório de física não observamos alteração. Esse fenômeno pode ocorrer pela iluminação do ambiente;
- Grupo 3: Ao repetir o procedimento 2 com os outros filtros (verde e vermelho), observamos que a luminosidade do LED receptor é menos intensa do que a lanterna do celular. É possível que ocorreu algum erro, pois o ambiente que utilizamos estava com muita luminosidade;
- Grupo 4: Na sala os filtros vermelho e verde altera a intensidade. Já no laboratório, as intensidades não se alteraram, talvez por causa da iluminação.

Aqui tem uma importante informação relatada pelos alunos, para desenvolver as atividades foram utilizadas duas aulas, sendo que a primeira foi em sala de aula e a outra no laboratório de física devido a sua estrutura. O ambiente na sala de aula recebe menos iluminação solar ao contrário do laboratório onde a radiação solar é mais intensa. Os próprios alunos perceberam isso apontando que esse situação talvez tenha interferido nos resultados nos dois ambientes distintos.

Pode se afirmar que os alunos foram além daquilo que foi pedido no roteiro experimental, isso enriquece o próprio aprendizado deles pois gera curiosidade e essa curiosidade faz com que eles criem hipóteses sobre determinadas situações, possibilitando terem as respostas posteriormente, seja através de perguntas ao professor ou buscas próprias de respostas.

Na quarta questão foi perguntado: Você acha que existe alguma relação entre as cores e o funcionamento do circuito? Explique.

- Grupo 1: Apesar dos efeitos observados no laboratório, o grupo acha que o que tem relação é o comprimento de onda, ou seja, o efeito fotoelétrico será interferido pela cor;
- Grupo 2: Sim, pois o comprimento de onda irá interferir na intensidade da luz;
- Grupo 3: Sim, porque as cores mudaram a intensidade da luz do LED no ambiente sala de aula, já no laboratório de física não observamos a mesma ocorrência;
- Grupo 4: Sim, pois as cores apresentam diferentes espectros eletromagnéticos e quando colocamos os filtros entre a lanterna e o sensor do circuito, o sensor reconhece os espectros e os reflete. Cada cor apresenta diferentes espectros eletromagnéticos, assim varia a intensidade da luz que acende o LED.

Todos acharam que as cores influenciam no funcionamento do circuito, porém as explicações foram as mais diversas.

No quinto e último procedimento do circuito 01 foi solicitado o seguinte: Para que cores de luz o LED do circuito receptor brilhou com maior intensidade? De acordo com o que você viu na aula de hoje, a que você atribui a mudança no brilho do LED?

- Grupo 1: Maior intensidade é a lanterna sem filtro que proporciona uma maior luminosidade azul no LED, devido as diferentes faixas do espectro eletromagnético;
- Grupo 2: O comprimento de onda alterou a intensidade por exemplo, a cor azul possui um comprimento de onda menor, e sua intensidade de luz também, seguida pela cor verde, e a cor vermelha tem comprimento de onda maior por isso o brilho será mais intenso;
- Grupo 3: O LED do circuito receptor brilhou mais quando estava sem nenhum filtro, pois quando adicionamos os filtros, para o grupo o LED receptor brilhou com a mesma intensidade para todos os filtros. Atribuímos a mudança de brilho do LED receptor ao comprimento de onda, pois acreditamos que com o filtro vermelho deveria ter o maior brilho, mas como já destacamos anteriormente, o ambiente acabou atrapalhando na visão;
- Grupo 4: A mudança se deve ao comprimento de onda, que influencia no efeito fotoelétrico, liberando mais ou menos elétrons. Quanto maior o comprimento de onda, maior a intensidade.

As respostas dos alunos remete a uma maior importância conceitual antes de aplicar as atividades experimentais, pelas respostas percebe-se que houve um certo equívoco conceitual, onde eles parecem não compreenderem totalmente as propriedades ondulatórias. Dessa maneira as explicações dadas por eles pede um olhar mais cuidadoso na hora de avaliar cada questão, pois tem trechos que precisam ser retomados em algum momento posterior.

No experimento 02 também foi solicitado aos alunos fazerem anotações conforme indicado nos procedimentos.

Aproxime uma folha de cor branca no sensor do circuito (aproximadamente um dedo da folha no sensor) e “observe” o tipo de som emitido pelo autofalante.

- Grupo 1: O som produzido é agudo;
- Grupo 2 e grupo 3: O som é agudo na cor branca, é um incômodo para quem escuta;
- Grupo 4: Muito agudo.

Todos os grupos relataram ouvir o mesmo tipo de som, no caso agudo e até informaram que o barulho emitido pelo autofalante era muito incômodo.

Agora, aproxime as demais folhas coloridas como feito com a folha branca e descreva as mudanças percebidas no funcionamento do circuito.

- Grupo 1 e grupo 4: Percebemos que ao aproximarmos as cores de tom escuro o som fica sempre mais grave e nas cores claras o som torna-se agudo;
- Grupo 2: Quanto mais escura a cor mais grave é o som;
- Grupo 3: Ao aproximarmos as folhas coloridas no sensor do circuito o som varia do agudo para o grave. Cada cor possui um diferente espectro eletromagnético e o sensor identifica esses espectros e emite em forma de som.

Os alunos conseguiram perceber que a tonalidade das cores alteravam o tipo de som emitido pelo alto falante, no caso as cores claras quando aproximadas do sensor produziam sons agudos enquanto que nas cores escuras os sons escutados era mais grave.

Qual a cor faz com que o som emitido no autofalante seja mais agudo? E qual o mais grave?

- Grupo 1 e grupo 4: Para o grupo a cor que obteve maior som agudo foi o amarelo. Já a cor que obteve maior som grave foi o preto;
- Grupo 2 e grupo 3: Para o grupo a cor que obteve maior som agudo foi o branco. Já a cor que obteve maior som grave foi o preto.

Neste caso, as respostas dos alunos se dividiram quanto a cor que produziu o som mais agudo. Foi entregue uma folha de formato A4 contendo quadros coloridos, também continha um quadro em branco e outro preto, pode ser que alguns desconsideraram o quadro em branco.

8.2 Questionário avaliativo

Todas as respostas dos alunos foram separadas em categorias para melhor análise, como se tratam de questões abertas apenas um panorama geral baseada em gráficos não refletem o contexto das respostas dos alunos. Para responder as questões de pesquisa foram levadas em consideração as duas primeiras respostas do questionário avaliativo, as demais questões tem objetivo de verificar o aprendizado conceitual dos alunos após a implementação em sala de aula. Como o questionário foi respondido por 15 duplas e um trio, foi denominado de dupla 1, dupla 2...dupla 15 e trio 1.

A primeira questão da avaliação final feita para os alunos foi: O que você achou das atividades realizadas pelo professor?

A seguir foi listada as respostas dos alunos levando em consideração questões pontuais apontadas por eles:

- Dupla 1 e dupla 3: Empolgantes;
- Dupla 2, dupla 5, dupla 6 e dupla 10: Interessante pois relacionar aulas teóricas com práticas dá um maior entendimento sobre o assunto;
- Dupla 4, dupla 7, dupla 8, dupla 9 e dupla 11: Foi diferenciado, pois é pouca a frequência com que vamos ao laboratório;
- Dupla 12 e dupla 13: As aulas remeteram dúvidas que no cotidiano eles não imaginariam ter;
- Dupla 14: As aulas foram dinâmicas;
- Dupla 15 e trio 1: Interessante mas o barulho do autofalante era irritante.

As respostas dos alunos elencadas acima apresenta o panorama geral do retorno das atividades realizadas. Todos foram receptivos e gostaram das aulas ministradas pelo professor que aplicou a proposta. Boa parte dos alunos acharam importante conciliar aulas teóricas e práticas, neste caso, devido a proposta foi possível, mas é importante salientar que não é viável para todo o conteúdo realizar atividades práticas. Seja por falta de tempo para planejamento dessas atividades, estrutura de ensino ou carga horária, enfim tem vários motivos que não viabilizam proceder como mencionado anteriormente. Porém, a ministração apenas de aulas teóricas não é bem vista pelos alunos, em seus relatos eles afirmaram que vão com pouca frequência ao laboratório de física. Para os alunos as aulas foram dinâmicas e possibilitaram eles pensarem em situações que normalmente não se perguntariam ou imaginariam por que aquilo acontece.

A partir de atividades relativamente simples e de baixo custo é possível promover aulas diferenciadas despertando a curiosidade dos alunos para questões do cotidiano. Quando isso acontece o interesse dos alunos em participar das aulas é maior, o professor pode utilizar-se disso para fazer uma ponte para a aprendizagem, explorando o potencial de aprendizagem dos estudantes.

A segunda questão respondida pelos alunos foi a seguinte: Durante o desenvolvimento das atividades você teve alguma dificuldade em compreender o que foi proposto? Se sim, quais foram as dificuldades?

- Dupla 1, dupla 3, dupla 4, dupla 5, dupla 6, dupla 8, dupla 11, dupla 12: Não;
- Dupla 7 e trio 1: Não, a prática foi muito bem explicada e instruída através do roteiro, assim foi de fácil compreensão;
- Duplas 2 e dupla 10: Sim, percepção sonora (diferenciar o grave do agudo) e visual da luz, mesmo com filtros diferentes a intensidade da luz parecia a mesma.
- Dupla 9: As atividades não, mas compreender os fenômenos sim, por que o som é mais agudo em determinada cor;
- Dupla 13: Tivemos algumas dificuldades em compreender diversos aspectos do experimento, mas foram solucionadas com o professor e conversas com os colegas;
- Dupla 14: Dificuldade em relacionar as equações vista em sala com a prática;
- Dupla 15: Não, a simulação virtual ajudou muito na compreensão.

A maioria dos alunos afirmou não terem tido dificuldades durante as aulas, porém alguns apontaram possíveis erros experimentais que dificultaram na observação dos fenômenos, não conseguiram fazer relações das equações vistas em sala de aula com os experimentos e não compreenderam de fato o que estava acontecendo fisicamente. Essas dificuldades apontadas são importantíssimas, pois a partir delas é possível melhorar a proposta, e prever que outros alunos poderão ter as mesmas dificuldades. Coletadas essas questões pontuais apresentadas pelos alunos é possível melhorar a proposta onde necessário.

Na terceira questão foi perguntado aos alunos: Como você explicaria o efeito fotoelétrico?

- Dupla 2 e dupla 5: O efeito fotoelétrico é quando a luz incide sobre algum metal, esse metal emite elétrons, gerando uma corrente elétrica;
- Dupla 3, dupla 7, dupla 15 e trio 1: É a emissão de elétrons de um metal quando exposto a radiação, geralmente de frequência suficientemente alta;
- Dupla 4, dupla 6, dupla 8, dupla 9, dupla 10, dupla 11 e dupla 12: É a emissão de elétrons de determinado material quando excitado por fótons;
- Dupla 13: A energia atinge um material da camada de valência para uma mais externa, quando o elétron volta para sua camada elementar ele libera um fóton. Esse fóton depende de sua energia;
- Dupla 14: O efeito fotoelétrico é quando se incide luz sobre um metal e ele perde elétrons.

Pelas respostas apresentadas pode se afirmar que a maioria conseguiu dar uma explicação sobre o que é o efeito fotoelétrico.

Na quarta questão foi perguntado: Qual o conceito físico responsável diretamente pelo aumento da energia do fóton?

- Dupla 1, dupla 2, dupla 3, dupla 4, dupla 5, dupla 6, dupla 8, dupla 10, dupla 11, dupla 13, dupla 14, dupla 15 e trio 1: O comprimento de onda;
- Dupla 9 e dupla 12: A diminuição do comprimento de onda acarreta no aumento da energia do fóton;
- Dupla 7: O efeito fotoelétrico;

A quarta questão fica evidente a confusão de interpretação dos alunos em relação a equação de Planck, onde temos $E=h.f$. Quando o professor substituiu essa equação $f = \frac{c}{\lambda}$ na anterior pode ser que eles não tenham entendido.

A maioria respondeu que o comprimento de onda era proporcional a energia do fóton, essa questão foi retomada novamente pelo professor ao finalizar as atividades. O fato do professor ter retomado os possíveis problemas é de grande valia, pois possibilitou aos alunos refletirem e discutir as dificuldades encontradas e os conceitos não assimilados.

Na quinta questão foi pedido para os alunos classificarem as cores em ordem crescente de energia: A partir das atividades realizadas classifique as cores dos filtros utilizados no experimento em ordem crescente de energia.

- Grupo 3, grupo 7 e grupo 12: Vermelho, verde, azul, e sem filtro;
- Grupo 4, grupo 9, grupo 10 e grupo 1: Azul, verde e vermelho;
- Grupo 13: Verde, vermelho, azul e sem filtro;
- Grupo 2 e grupo 6: Vermelho, verde, sem filtro (branca) e azul;
- Grupo 1 e grupo 15: Verde, vermelho e azul;

Os alunos apresentaram várias sequências na classificação das cores, talvez não conseguiram entender corretamente o espectro eletromagnético em função da energia. Um ponto importante a ser considerado e trabalhado um pouco mais.

Além dessas respostas mencionadas acima teve outras duas não respondidas (dupla 5 e dupla 8) e duas que ficaram fora de contexto, talvez os alunos não souberam interpretar o que se pedia na questão, veja as respostas:

- Grupo 11: Não conseguimos ver diferenças pois devido a luminosidade do ambiente. Mas verificamos que sem o filtro o LED receptor brilha mais;
- Dupla 14: Quando fizemos em sala ficou nessa ordem: azul, verde e vermelho. Porém, quando fizemos no laboratório, não houve mudança na intensidade da luz do LED, achamos que isso ocorre pela luminosidade do ambiente, pois o laboratório é mais claro.

A sexta pergunta foi a seguinte: A que você atribui a mudança no som emitido pelo autofalante quando aproximamos folhas de diferentes cores do sensor LDR?

- Dupla 1: As cores apresentam frequências associadas, as quais o LDR detecta e o aparelho produz diferentes sons para cada frequência;
- Dupla 3 e dupla 7: Tanto a luz quanto o som possuem frequências parecidas e a luz emite o som de sua mesma frequência;
- Dupla 12 e dupla 13: Cada cor possui um comprimento de onda diferente, portanto a onda incide no metal, a mesma libera certa quantidade de elétrons (pois depende do comprimento de onda) e quanto maior a quantidade maior o som escutado;
- Dupla 2, dupla 4, dupla 5 e dupla 9: À faixa do espectro que cada cor reflete e o sensor identifica essa faixa e emite som conforme varia a cor;
- Dupla 6, dupla 8 e dupla 10: Dependendo do comprimento de onda o som será diferente, mais agudo ou mais grave, mais ou menos elétrons serão emitidos, modificando o som;
- Dupla 11, dupla 15 e trio 1: O LDR ou o sensor presente no aparelho capta a luz, reconhecendo as diferentes cores com seu determinado comprimento de onda. Por isso, que em certas cores o som é mais agudo e em outras é grave;
- Duplas 9 e dupla 14: Quanto mais escura a cor, menor é a onda eletromagnética, porque as cores tem diferentes comprimentos de onda, e conseqüentemente quanto menor o comprimento do raio, mais grave é o som emitido.

O sensor LDR apenas capta as intensidades de iluminação, não é um aparelho que consegue identificar todos os comprimentos de ondas. Ao aproximar as diferentes tonalidades de cores o LDR altera a resistência do circuito que altera o tipo de som emitido pelo aut falante. Neste caso as diferentes cores a que foi submetido o LDR serviu mais para fins didáticos, pois com elas foi possível escutar diferentes intensidades de som.

A sétima e última questão consistiu no seguinte: Hoje é muito comum encontrarmos sensores de ligamento e desligamento automático de iluminação, principalmente em vias públicas. A partir de seus conhecimentos elabore uma explicação sobre o funcionamento desse tipo de sensor.

- Dupla 1: Isso acontece pela luminosidade do ambiente, então quando está de noite (escuro), a lâmpada liga, e de manhã, quando está claro desliga, devido ao sensor que foi programado para ligar e desligar nessas condições que foram apresentadas;
- Dupla 2 e trio 1: Pela recepção de diferentes frequências de onda;

- Dupla 4: Esses sensores são sensíveis à luminosidade, de dia tem maior fluxo de elétrons, então a luz apaga. À noite o fluxo de elétrons diminui, então o sensor faz a luz ascender;
- Dupla 5: Quanto maior a luminosidade menor a resistência, ou seja, a luz fica apagada, já com menos luminosidade maior a resistência e a luz se ascende;
- Dupla 6: O sensor presente no poste reconhece a luz do sol, mas quando deixa de reconhecer (ou seja, quando escurece), a luz do poste apaga;
- Dupla 7: Nas manhãs como há muita luminosidade, contém muitos feixes de elétrons, portanto o sensor não irá ligar, pois estão programados para ascender quando o fluxo de elétrons diminuir, ou seja, no período da noite, pois não há luminosidade batendo no metal do sensor, e daí não irá liberar elétrons;
- Dupla 8: Com bastante luminosidade a resistência do equipamento será menor e os fótons vão passar sem interferir no funcionamento. À noite, quando a incidência de luz é menor, a resistência aumenta, os fótons não passam e a luz liga;
- Dupla 9: Durante o período do dia a faixa do espectro da luz solar faz com que a luz das vias públicas fiquem desligadas. Ao cessar essa emissão, o aparelho detecta que não há grandes quantidades de espectros de luz e assim, liga-se automaticamente as luzes;
- Dupla 10: A corrente elétrica está sempre ligada e a energia proveniente do efeito fotoelétrico causa interferência nessa corrente, quando não há luz o efeito fotoelétrico cessa assim a corrente não sofre interferência chegando ao aparelho;
- Dupla 11: Os sensores de ligamento e desligamento de iluminação funcionam com sensor infravermelho. Por exemplo, em corredores o sensor consegue por meio da luz refletida por algum objeto acende a lâmpada. Já durante o dia há luz e o sensor capta o espectro de luz, durante a noite há ausência e a iluminação é acesa;
- Dupla 12: Ocorre que durante o dia um determinado aparelho reconhece a presença de luz e faz com que a iluminação dos postes não sejam ligados, talvez tenha algo a ver com o comprimento de onda. Outra explicação é que a luz que incide no aparelho excita algum material presente no sensor que mantém as luzes apagadas devido a sua programação, sendo que ele não reconhece a luz da própria lâmpada;
- Dupla 13: Esses sensores são muito sensíveis a luminosidade. De acordo com a luminosidade, a resistência do sensor pode aumentar ou diminuir, fazendo com que possuam menos elétrons à noite, quando a resistência é maior. Como esses sensores estão em um sistema ligados a um interruptor, que ligará a luz quando perceber a diminuição do fluxo de elétrons;

- Dupla 14 e dupla 15: Conforme a energia emitida, vai liberar uma quantidade de fótons. Conforme anoitece, diminui a intensidade dos fótons, e o sensor percebe isso;

A partir das repostas apresentadas pelos alunos o professor fez a explicação sobre o funcionamento dos sistemas automáticos de iluminação e também como funcionam as portas automáticas de lojas. As explicações dos alunos foram as mais variadas possíveis, isso foi intencional, pois foi a partir delas que o professor finalizou as atividades. Por mais que esses tipos de sistemas estejam presentes no cotidiano, muitos não se preocupam em entender como isso funciona.

A física é realmente fascinante, pois está presente no cotidiano, mesmo que não seja possível visualizá-la mas ela está lá. Como mencionado na fundamentação teórica é importante em sala de aula fazer essa contextualização, destacando a importância da física, ou em que outra oportunidade esses jovens poderão se interessar pela física?

8.3 Entrevista com professor

Nesta seção foram feitos recortes da entrevista feita com o professor, destacando questões pontuais, com base nessa entrevista é possível responder as questões de pesquisa.

A primeira pergunta da entrevista com o professor foi a seguinte: O que você achou da proposta didática apresentada? Comente.

- Achei a proposta muito boa, tendo em vista as propostas previstas nos PCN's e PCN+ [...], esse tópico especialmente de efeito fotoelétrico não é trabalhado pelos professores, uma das justificativas é a falta de tempo, [...] acredito que o desenvolvimento de materiais específicos para trabalhar com o efeito fotoelétrico na forma como foi feito é muito válido e facilitou a vida do professor no sentido de já ter um tópico desenvolvido.

O professor que aplicou a proposta gostou muito das atividades realizadas, na entrevista ele argumenta a importância da implantação de tópicos da Física Moderna e Contemporânea destacando que esse assunto está previsto nos PCN's e PCN+.

Um ponto importante a ser destacado é a justificativa dos professores para não trabalharem conteúdos da Física Moderna e Contemporânea, o professor entrevistado afirma que falta tempo para o professor preparar e aplicar conteúdos como foi neste trabalho. Hoje na região de Jaraguá do sul, as escolas do ensino médio possuem apenas duas horas/aulas semanais por classe, isso pode ser um dos motivos que levam muitos professores a não trabalhar conteúdos da FMC.

O professor ainda destaca a maneira como foi desenvolvida esta proposta, pois facilitou o trabalho dele tendo em vista todo o material já pronto.

Você implementaria essa proposta para outras turmas? Justifique.

- Implementaria porém com alguma ressalva, [...] após a aplicação a gente viu que algumas coisas precisam ser modificadas, [...] cada aplicação em turmas diferentes a gente vai ter um retorno dos alunos, [...] na verdade se pensar assim nunca será parado de mudar a proposta, [...] ela vai ser adequada a cada turma e ao feedback e cada respostas que os alunos darão em si.

Segundo o professor ele implementaria essa proposta para outras turmas, porém faz algumas considerações, no decorrer das aulas e após a aplicação foi verificadas questões pontuais que podem ser melhoradas: como ambiente escolhido para fazer o experimento, o tempo de explanação dos conteúdos e até mesmo o conhecimento dos alunos em relação ao conteúdo ministrado.

A proposta na verdade vai ser ajustado levando em consideração o perfil da classe, o professor destaca ainda que de um modo geral sempre vai ter que ser feitas mudanças na proposta, tendo em vista o retorno que os alunos darão.

Com base nisso é provável que após várias aplicações em turmas diferentes, o professor consiga prever possíveis situações que podem acontecer em sala de aula e estar preparado para contornar esses pequenos obstáculos que podem surgir.

O que você achou da participação dos alunos diante das atividades realizadas?

- [...] é uma turma muito boa, os alunos são empenhados em contribuir para a aula se você faz uma pergunta e deixa aberta uma discussão eles participam as vezes até no sentido de não atrapalhar a aula mas tem que despende tempo a mais daquilo programado por essa excessiva participação deles, então no geral a participação foi muito boa [...]

Como informado pelo professor o perfil dessa turma é de muita participação nas aulas, eles são muito curiosos, o professor deve tomar o cuidado para não se comprometer com o andamento de suas atividades. Mas é importante quando a turma colabora participando das discussões e tirando dúvidas.

Na visão do professor os alunos gostaram das atividades, participaram ativamente e gostaram do andamento das aulas.

O que você mudaria na proposta realizada?

- Essa proposta de uma maneira geral pode ser modificada no sentido de ela vai ter uma aplicação diferente dependendo da turma porém algumas coisas tem que ser mudada, testar todas as turmas. Os alunos tem que ter visto as propriedades de onda, para os alunos fazerem a relação de frequência e comprimento de onda para depois associar isso com a energia do fóton da radiação em questão[...], outra proposta que poderia fazer como a atividade em si seria algo relacionado aos alunos chegarem a algumas conclusões por conta própria seguindo um modelo de aprendizagem significativa, em vez do professor fazer a apresentação no quadro mostrando o *software* do *phet*, simulador do efeito fotoelétrico, eu adicionaria uma aula nesse sentido no laboratório de informática em duplas ou trios os alunos iriam “experimental” esse software esse simulador do efeito fotoelétrico[...]

Contribuindo com sugestões que podem melhorar as atividades desenvolvidas, o professor destaca a necessidade dos alunos terem visto em sala de aula as propriedades ondulatórias, antes da realização da presente proposta. Neste caso como a proposta foi realizada com alunos da 3ª fase ainda não viram as propriedades ondulatórias que é trabalhada na quarta fase do curso. Essa sugestão do professor se deve ao fato dos alunos em sua maioria terem confundido a frequência com o comprimento de onda.

Devido ao fato dos alunos terem confundido comprimento de onda com frequência, o professor afirmou que mudaria a proposta, acrescentando uma aula no laboratório de informática para que os alunos pudessem manipular o simulador virtual, assim talvez eles poderiam ter melhor entendimento sobre o efeito fotoelétrico e os conceitos físicos envolvidos.

A quantidade de aulas contidas na proposta foi suficiente para realizar as atividades?

- Acredito que 4 horas/aulas seria o ideal [...] faria uma pequena introdução durante ou antes de falar do espectro eletromagnético e da teoria ondulatória da luz, daria uma explicação sobre essa parte de ondas e as outras aulas seriam então para fazerem o estudo no simulador responderiam algumas perguntas a cerca daquilo nas outras duas aulas seria a aplicação do experimento em si no caso manipular o experimento e responder os questionários, [...]. Duas aulas para falar mais da teoria do efeito fotoelétrico e usar o simulador e mais duas aulas para eles trabalharem com o experimento e responder as perguntas propostas.

Na opinião do professor quatro horas/aulas são suficientes para que se desenvolva essa atividades, ele estruturaria as atividades em uma aula somente para trabalhar as questões teóricas, outra para utilizar o simulador virtual e as outras duas seriam para fazer a parte pratica utilizando os circuitos eletrônicos e fazer a contextualização final respondida através dos questionários.

Respondendo as questões de pesquisa foi verificado que o professor esteve disposto a fazer a implementação, contribuindo com melhoria durante o desenvolvimento da proposta antes de aplicá-la, em encontros extraclasse. Esses encontros foram de suma importância, pois de certa forma ele participou do processo de construção dessas atividades.

A outra questão de pesquisa respondida através da entrevista foi as mudanças que o professor faria após a implementação da proposta em sala de aula. Como verificado anteriormente o professor contribuiu antes e depois da realização da proposta com sugestões, sendo que destacam-se: os alunos terem conhecimentos prévios das propriedades ondulatórias, os alunos manipularem os simuladores virtual, sejam em duplas ou trios. Lembrando que o andamento da proposta depende também do perfil dos alunos envolvidos neste processo.

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A busca em contribuir para o ensino de Física através de alternativas que valorizem a metodologia de ensino nos motivou a tornar esse trabalho possível. A escolha dessa proposta ocorreu por acreditarmos que a conciliação entre atividades práticas e teóricas pode desencadear motivação para a inserção de conteúdos da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio, consistindo em uma estratégia de ensino.

As questões de pesquisa do presente trabalho puderam ser respondidas no capítulo anterior, onde foi constatado que a aceitação dos alunos e do professor diante da proposta apresentada e desenvolvida foi de grande admissibilidade. De uma maneira geral, foram poucas as dificuldades encontradas pelos alunos, já a entrevista com o professor possibilitou elencar pontos que podem ser melhorados.

O objetivo deste trabalho consistiu em estabelecer um conjunto de sugestões para a implementação de uma proposta didática sobre o Efeito Fotoelétrico no Ensino Médio. Após, a implementação da proposta foi analisado os questionários entregues pelos alunos, a entrevista feita com o professor e as experiências do autor deste trabalho durante todo o processo. Os dados coletados através dos instrumentos citados anteriormente, possibilitaram elencar um conjunto de sugestões para a implementação desta proposta, atingido assim o objetivo deste trabalho. A seguir apresentamos as sugestões:

- Na primeira questão do questionário avaliativo foi verificado que os alunos vão com pouca frequência ao laboratório de física. Segundo os próprios alunos quando conciliadas aulas teóricas com práticas o aprendizado é mais relevante. Diante disso, destacamos como ponto chave a produção de aulas que possibilitem a interação dos alunos com os conteúdos vistos em sala de aula e questões do cotidiano;
- A maioria dos alunos não teve dificuldade em compreender as atividades propostas, porém muitos relataram que ao manipular os experimentos no laboratório, não obtiveram os mesmos resultados dos vistos em sala de aula. O interessante é que eles chegaram a conclusão por meios próprios que a iluminação do ambiente pode ter atrapalhado nas observações. Com base nisso ao utilizar essa proposta deve se levar em consideração a quantidade de radiação solar que chega no ambiente escolhido para desenvolver as atividade;

- Na quarta questão a maioria não conseguiu responder qual conceito físico é diretamente responsável pelo aumento da energia do fóton, sendo que a maioria respondeu que o comprimento de onda é o responsável. Com base nisso e nas respostas do professor durante entrevista, uma possível solução para contornar essa situação é destinar uma aula introdutória sobre as propriedades ondulatórias antes de introduzir o efeito fotoelétrico;
- Outra questão que precisa ser devidamente trabalhada com os alunos é o espectro eletromagnético, pois conforme verificado na questão 5, houve uma série de respostas quando solicitado para classificarem as cores em ordem crescente de energia. Entender as cores em função da energia auxiliará os alunos no desenvolvimento das demais atividades;
- Uma outra sugestão de melhoria da proposta é utilizar fotocélulas prontas, encontradas em lojas de materiais elétricos e utilizá-las em sala de aula para mostrar como é o funcionamento das iluminações públicas;
- Após a aplicação da proposta verificou-se que alguns conceitos não ficaram tão claros para os alunos, como sugestão do professor, em vez do professor manipular o simulador virtual *Phet*, os alunos deveriam na sala de informática manipularem o simulador. Essa atividade poderia ser feita em duplas ou trios, dependendo da estrutura educacional e quantidades de alunos por turma;
- A quantidade de aulas para desenvolver as atividades dependerá de alguns fatores, como tempo das aulas que cada instituição dispõe para cada disciplina, perfil dos alunos e se as propriedades ondulatórias já foram vistas em sala de aula;
- Como se trata de uma proposta dinâmica está sujeita a adaptações conforme sugeridas neste trabalho. Em entrevista o professor ele alertou que neste sentido a proposta sempre terá mudanças pontuais, pois depende do *feedback* que os alunos darão diante das atividades;
- As questões da proposta didática envolvendo os circuitos eletrônicos podem ser alteradas conforme criatividade do professor ou o que ele achar pertinente. Isso é importante pois muitas situações que não foram percebidas pelo autor deste trabalho podem ser melhoradas;
- Esta proposta pode ser utilizada para a introdução de tópicos de Física Moderna e Contemporânea, estes conteúdos não costumam ser trabalhos em sala de aula pela maioria dos professores do Ensino Médio. O próprio professor que aplicou a proposta afirma que muitos justificam a falta de tempo para preparado das atividades e a própria aplicação em si.

Como sugestões apresentadas neste trabalho, a presente proposta pode ser melhorada para posterior aplicação por parte de professores que desejam introduzir tópicos de Física Moderna e Contemporânea. Há tempos vários autores têm se preocupado em inserir esses conteúdos nas escolas do Ensino Médio, como afirmam Ostermann e Moreira (2001, p. 146) “é viável implementar tópicos de Física Moderna e Contemporânea em escolas de nível Médio”.

Assim como Ostermann e Moreira (2001, p. 146-147) podemos concluir que:

Se houve dificuldades de aprendizagem não foram muito diferentes das usualmente enfrentadas com conteúdos da Física Clássica. [...] A inserção de tópicos tão atuais nas escolas com material previamente preparado pode resgatar, em certo sentido, a auto-estima de muitos alunos nas escolas[...] Os alunos podem aprendê-la se os professores estiverem adequadamente preparados e se bons materiais didáticos estiverem disponíveis.

Por fim, esta proposta se mostrou viável constituindo se em um potencial material didático para introduzir conteúdos da Física Moderna e Contemporânea, especificamente do efeito fotoelétrico, eventuais melhorias sempre serão necessárias.

REFERÊNCIAS

BARTHEM, R. **A Luz: Temas atuais de Física**. 1. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2005.

BRASIL, Secretaria da Educação Média e Tecnológica. **PCN+ Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Brasília: Ministério da Educação/ Secretaria de Educação Média e Tecnológica, 2002.

BRENNAN, R. P. **Gigantes da Física: uma história da Física Moderna através de oito biografias**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed. 2003.

CABRAL, J. C. **Efeito fotoelétrico: uma abordagem a partir do estudo de circuitos elétricos**. 2015. 131 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Universidade Federal de Lavras, Lavras. 2015.

CARDOSO, S. O. O; DICKMAN, A. G. Simulação computacional aliada à teoria da aprendizagem significativa: uma ferramenta para ensino e aprendizagem do efeito fotoelétrico. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 29, n. 2, p. 891-934, out. 2012.

CAVALCANTE, M. A.; JARDIM, V.; BARROS, J. A. A. Inserção de Física Moderna no Ensino Médio: Difração de um feixe laser. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 16, n. 2: p. 154-169, ago. 1999.

CAVALCANTE, M. A; TAVOLARO, C. R. C. Uma Oficina que Vise a sua Inserção no ensino Médio. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 18, n. 3: p. 298-316, dez. 2001.

ENCELAUTOMATICO, **Portas Automáticas**. Disponível em:
<https://encelautomatico.com.br/produtos/>. Acesso em: 4 abr. 2016

GOOGGLET, **Einstein**. Disponível em:
<http://googglet.com/images/apple%20einstein%20commercial>. Acesso em: 4 abr. 2016

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física**, Vol. 4, 8ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

HERNANDES, C. L.; CLEMENT, L.; TERRAZAN, E. A. **Realização de atividades experimentais numa perspectiva investigativa: um exemplo no ensino de física**. Atas do IV ENPEC, 2002.

HYPESCIENCE, **Heinrich Hertz: que descobriu esse brilhante cientista**. Disponível em: <http://hypescience.com/heinrich-hertz/>. Acesso em: 4 abr. 2016

INFO ESCOLA, **Espectro Eletromagnético**. Disponível em: <http://www.infoescola.com/fisica/espectro-eletromagnetico/>. Acesso em: 4 abr. 2016

INSTITUTO DE FÍSICA-UFRGS, **A Física dos Equipamentos Utilizados em Eletroter-mofototerapia**. Disponível em: http://www.if.ufrgs.br/public/tapf/v24_n3_novicky.pdf. Acesso em: 4 abr. 2016

INSTITUTO DE FÍSICA-UFRGS, **O Efeito Fotoelétrico**. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/tex/fis01043/20021/Alexandre/einstein/fotoeletrico.html>. Acesso em: 4 abr. 2016

LEONEL, A. A.; SOUZA, C. A. **Nanociência e Nanotecnologia Para o Ensino de Física Moderna e Contemporânea na Perspectiva da Alfabetização Científica e Técnica**. VII ENPEC. Florianópolis, novembro de 2009.

LUDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em Educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: Ed. Pedagógica e Universitária, 1986.

MANGILILI, A. I. Heinrich Rudolph Hertz e a descoberta do efeito fotoelétrico: um exemplo dos cuidados que devemos ter ao utilizar a história da ciência em sala de aula. **História da ciência e ensino: construindo interfaces**. v. 6, p. 32-48, 2012.

MARCONI, Maria de Andrade. LAKATOS, Eva Maia. **Técnicas de Pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragem e técnicas de pesquisa, elaboração, análise e interpretação de dados**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

MODERNA, **A radiação do corpo negro**. Disponível em: http://www.moderna.com.br/fundamentos/temas_especiais/radiacao_corpo_negro.pdf. Acesso em: 4 abr. 2016

MOREIRA, Marco Antonio. **Metodologia de pesquisa em ensino**. 1.ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

MSPC, **Eletromagnetismo VI-30**. Disponível em: <http://www.mspc.eng.br/elemag/eletrm0630.shtml>. Acesso em: 4 abr. 2016

MUNDO FISICO, **Joseph John Thomson (1856-1940)**. Disponível em: <http://www.mundofisico.joinville.udesc.br/index.php?idSecao=9&idSubScao=&idTexto=16>. Acesso em: 4 abr. 2016

OLIVEIRA, F. F.; VIANNA, D. M.; GERBASSI, R. S. Física moderna no ensino médio: o que dizem os professores. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 3, p. 447-454, (2007).

OSTERMANN, F.; FERREIRA, L. M.; CAVALCANTI, C. J. H. Tópicos de física contemporânea no ensino médio: um texto para professores sobre supercondutividade. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 20, n. 3, p. 270-288, set. 1998a.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Atualização do Currículo de Física na Escola de Nível Médio: um estudo dessa problemática na perspectiva de uma experiência em sala de aula e da formação inicial de professores. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 18, n. 2, p. 135-151, ago. 2001.

PHET COLORADO, **Efeito Fotoelétrico**. Disponível em:
https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/photoelectric. Acesso em: 4 abr. 2016

PHYSIK, **A Picture Gallery of Famous Physicists**. Disponível em:
<http://th.physik.uni-frankfurt.de/~jr/phypicexp1.html>. Acesso em: 4 abr. 2016

PIETROCOLA, M; BROCKINGTON, G. **Recursos Computacionais Disponíveis na Internet para o Ensino de Física Moderna e Contemporânea**. IV ENPEC. Bauru, São Paulo, novembro de 2003.

PINTO, A.C.; ZANETIC, J. É possível levar a Física Quântica para o ensino médio? **Caderno Catarinense de Ensino de Física, Florianópolis**, v. 16, n. 1, p. 7-34, abr. 1999.

QUANTUM UNIVERSE, **G&E (2): Planckeenheden**. Disponível em:
<http://www.quantumuniverse.nl/ge-2-planckeenheden>. Acesso em: 4 abr. 2016

ROCHA FILHO, J. B. SALAMI, M. A. HILLEBRAND, V. Construção de uma célula fotoelétrica para fins didáticos. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 28, n. 4, p. 555- 561, 2006.

SAEBI, **Wilhelm Ludwig Franz Hallwachs (1859-1922)**. Disponível em:
[http://saebi.isgv.de/biografie/Wilhelm_Hallwachs_\(1859-1922\)](http://saebi.isgv.de/biografie/Wilhelm_Hallwachs_(1859-1922)). Acesso em: 4 abr. 2016

SILVA, L. F.; ASSIS, A. **Física Moderna no Ensino Médio**: um experimento para abordar o efeito fotoelétrico. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 29, n. 2, p. 313-324, ago. 2012

SITES GOOGLE, **Descoberta das Ondas Eletromagnéticas**. Disponível em:
<https://sites.google.com/site/medea2010esdmibeja/faradaicos/descoberta-da-ondas-eletromagneticas>. Acesso em: 4 abr. 2016

TERRAZZAN, E. A. A inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino de Física na escola de 2^o grau. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 9, n. 3: p. 209-214, dez. 1992.

VALADARES, E. C.; MOREIRA, A. M. Ensinando Física Moderna no segundo grau: efeito fotoelétrico, laser e emissão de corpo negro. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 15, n. 2, p. 121-135, ago. 1998

VICENTINI, A. et al. Instrumentação para o Ensino de Física Moderna e sua Inserção em Escolas de Ensino Médio - Relato de Experiência. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 6, n. 3, p. 38-44, 2011.

APÊNDICES

APÊNDICE 01

SEQUÊNCIA DIDÁTICA - EFEITO FOTOELÉTRICO

IDENTIFICAÇÃO
Escola: INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA – JARAGUÁ DO SUL Professor: Disciplina: Física Turma: 3ª Fase Integrado em Química Número de aulas: 04 aulas
JUSTIFICATIVA
<p>O efeito fotoelétrico está presente em diversos equipamentos do cotidiano, como fotocélulas, portas automáticas, geração de energia solar, controle de sistema automático de iluminação. O uso de simuladores é capaz de superar situações que palavras não conseguem descrever, neste caso apenas a argumentação teórica não seria capaz de promover no aluno a compreensão eficaz sobre determinado conceito, enquanto que em uma simulação virtual tem potencial para produzir no aluno melhor entendimento sobre o fenômeno estudado (PIETROCOLA; BROCKINGTON, 2003). O ensino através de experimentos investigativos possibilita aos alunos contato com situações problemas, sendo este um recurso que proporciona aos estudantes participar ativamente do processo de construção do saber (CABRAL, 2015).</p> <p>Nesta proposta de trabalho serão realizadas duas atividades investigativas sobre o efeito fotoelétrico utilizando circuitos eletrônicos, também será utilizado um simulador educacional virtual (<i>PHET</i>). Estas atividades serão dirigidas pelo professor, durante este processo serão realizadas perguntas aos alunos a fim de norteá-los aos objetivos propostos.</p>
SABERES
Efeito fotoelétrico.
OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM

O aluno deverá ser capaz de:

- Compreender como acontece o fenômeno do efeito fotoelétrico.
- Identificar como a frequência da luz influencia no funcionamento de dispositivos fotossensíveis.
- Identificar como as “cores” influenciam na alteração do som emitido pelo autofalante de um circuito eletrônico.
- Relacionar o funcionamento de sistemas de controle automático de iluminação com o efeito fotoelétrico.

MOMENTOS DIDÁTICOS

Aula 01

1º momento (5 min.): Introdução explicativa aos alunos sobre a proposta a ser realizada.

2º momento (35 min.): Verificação dos conhecimentos prévios dos alunos sobre o efeito fotoelétrico através de perguntas. Aula expositiva e dialogada com apresentação de *slides*.

3º momento (15 min): Realização de atividade investigativa sobre o efeito fotoelétrico utilizando simulador *Phet*.

Aula 02

1º momento (15 min): Apresentação de experimento demonstrativo investigativo, através de circuitos eletrônicos manipulados pelos alunos, atividades em grupo.

2º momento (40 min.): Os grupos realizam as atividades experimentais.

Aula 03

1º momento (55 min): O professor troca os circuitos dos grupos para que todos façam as duas atividades.

Aula 04

1º momento (25 min): Aplicação de questionário aos alunos sobre as atividades realizadas.

2º momento (30 min.): Discussão dos resultados experimentais e contextualização dos conceitos físicos.

PROCEDIMENTOS DIDÁTICOS

Aula 01

1º momento (5 min.): Neste primeiro momento o professor faz uma breve apresentação das atividades que serão realizadas na seguinte ordem: a descoberta do efeito fotoelétrico; manipulação do simulador *PEHT* e realização de duas atividades investigativas contendo circuitos eletrônicos.

2º momento (35 min.): O professor inicia este momento através de perguntas para explorar os conhecimentos prévios dos alunos, como:

- 1) Quem ascende as lâmpadas dos postes da cidade ao anoitecer e quem desliga quando amanhece?
- 2) Quem abre as portas de lojas quando as pessoas se aproximam?

Após estas perguntas o professor faz uma breve análise das respostas, e anota no quadro as respostas dos alunos.

Em seguida, o professor com o auxílio do projetor multimídia apresenta o histórico da descoberta do efeito fotoelétrico, mostrando os primeiros cientistas que observaram este fenômeno, quem apresentou este conceito e sua aplicação no cotidiano. Esta apresentação de *slides* encontra-se no apêndice 01.

3° momento (15 min): O professor utiliza o simulador virtual educativo *PHET*, nesta atividade manipula as variáveis e faz perguntas aos alunos, que deverão anotar em seus cadernos o que eles acreditam que está acontecendo, ao final o professor anota no quadro as respostas dos alunos.

Perguntas que o professor fará ao manipular o simulador:

1) O que acontece no circuito quando uma superfície metálica do elemento sódio é iluminada e o comprimento de onda selecionado é de 850nm? Nesta situação o que acontece se variar a tensão.

2) O professor altera o comprimento de onda para 539nm. O que acontece agora? O professor varia a intensidade de iluminação e repete a pergunta. O que acontece agora? E se variar a tensão? Por que isso acontece?

3) O professor repete os procedimentos anteriores para os menores comprimentos de onda. Finaliza contextualizando as variáveis do simulador e os conceitos físicos nele envolvido.

Aula 02

1° momento (15 min): Neste primeiro momento o professor apresenta quatro circuitos eletrônicos aos alunos, dois de cada tipo, montado previamente em uma *Protoboard* (placa com orifícios contendo conexões condutoras para realização de atividades eletroeletrônicas). Em seguida, o professor divide a turma em 03 grupos de 08 alunos e um com 09 alunos e entrega um circuito eletrônico para cada grupo. Na sequência os alunos recebem um roteiro que irá norteá-los durante a realização das atividades, o roteiro deve ser respondido em dupla. O professor deve estar sempre atento quanto ao desenvolvimento das atividades, intervindo quando solicitado ou perceber que os alunos estão com dificuldade. No apêndice 02 encontra-se o roteiro de atividades ao professor e no apêndice 03 o roteiro aos alunos.

2° momento (40 min.): Os alunos manipulam os experimentos em grupo, respondendo as questões do roteiro experimental que norteiam as atividades.

Aula 03

1º momento (55 min): O professor deve trocar os circuitos dos grupos após eles terminarem a primeira atividade, ou seja, como tem-se dois tipos de circuitos e quatro placas, dois grupos realizam a atividade 01 e dois a atividade 02, em seguida eles invertem os experimentos.

Aula 04

1º momento (25 min): Ao final de todas as atividades será aplicado um questionário aos alunos, que deverão ser respondidos em dupla. Onde eles responderão questões referentes aos conceitos envolvidos e também avaliarão as atividades realizadas em sala de aula. Os alunos deverão entregar o questionário ao professor. O questionário aplicado aos alunos encontra-se no apêndice 04.

2º momento (30 min): Após os alunos responderem ao questionário avaliativo, o professor finaliza a aula discutindo os resultados experimentais e faz a contextualização final dos conceitos físicos envolvidos nas atividades.

RECURSOS DIDÁTICOS

Projektor multimídia, quadro, slides, pincel atômico, simulador, experimentos.

AVALIAÇÃO

Questionário avaliativo.

REFERÊNCIAS

CABRAL, J. C. **Efeito fotoelétrico: uma abordagem a partir do estudo de circuitos elétricos**. 2015. 131 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Universidade Federal de Lavras, Lavras. 2015.

ENCELAUTOMATICO, **Portas Automáticas**. Disponível em:
<https://encelautomatico.com.br/produtos/>. Acesso em: 4 abr. 2016

GOOGGLET, **Einstein**. Disponível em:
<http://googglet.com/images/apple%20einstein%20commercial>. Acesso em: 4 abr. 2016

HYPESCIENCE, **Heinrich Hertz: que descobriu esse brilhante cientista**. Disponível em:
<http://hypescience.com/heinrich-hertz/>. Acesso em: 4 abr. 2016

INFO ESCOLA, **Espectro Eletromagnético**. Disponível em:
<http://www.infoescola.com/fisica/espectro-eletromagnetico/>. Acesso em: 4 abr. 2016

INSTITUTO DE FÍSICA-UFRGS, **A Física dos Equipamentos Utilizados em Eletrotermofototerapia**. Disponível em:
http://www.if.ufrgs.br/public/tapf/v24_n3_novicky.pdf. Acesso em: 4 abr. 2016

MSPC, **Eletromagnetismo VI-30**. Disponível em:
<http://www.mspc.eng.br/elemag/eletrm0630.shtml>. Acesso em: 4 abr. 2016

MUNDO FISICO, **Joseph John Thomson (1856-1940)**. Disponível em:
<http://www.mundofisico.joinville.udesc.br/index.php?idSecao=9&idSubSecao=&idTexto=16>. Acesso em: 4 abr. 2016

PHET COLORADO, **Efeito Fotoelétrico**. Disponível em:
https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/photoelectric. Acesso em: 4 abr. 2016

PHYSIK, **A Picture Gallery of Famous Physicists**. Disponível em:
<http://th.physik.uni-frankfurt.de/~jr/phypicexp1.html>. Acesso em: 4 abr. 2016

PIETROCOLA, M; BROCKINGTON, G. **Recursos Computacionais Disponíveis na Internet para o Ensino de Física Moderna e Contemporânea**. IV ENPEC. Bauru, São Paulo, novembro de 2003.

QUANTUM UNIVERSE, **G&E (2): Planckeenheden**. Disponível em:

<http://www.quantumuniverse.nl/ge-2-planckeenheden>. Acesso em: 4 abr. 2016

SAEBI, **Wilhelm Ludwig Franz Hallwachs (1859-1922)**. Disponível em:
[http://saebi.isgv.de/biografie/Wilhelm_Hallwachs_\(1859-1922\)](http://saebi.isgv.de/biografie/Wilhelm_Hallwachs_(1859-1922)). Acesso em: 4 abr. 2016

APÊNDICES

APÊNDICE 01

FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA

QUEM LIGA E DESLIGA A ILUMINAÇÃO PÚBLICA?

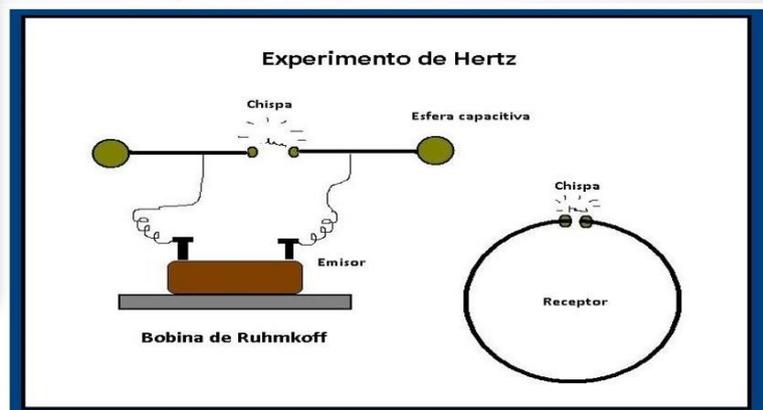
QUEM CONTROLA A ABERTURA E FECHAMENTO DE PORTAS DE SHOPPINS?

QUAL O FENÔMENO FÍSICO QUE REGE O PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DESSES EQUIPAMENTOS?



O EFEITO FOTOELÉTRICO

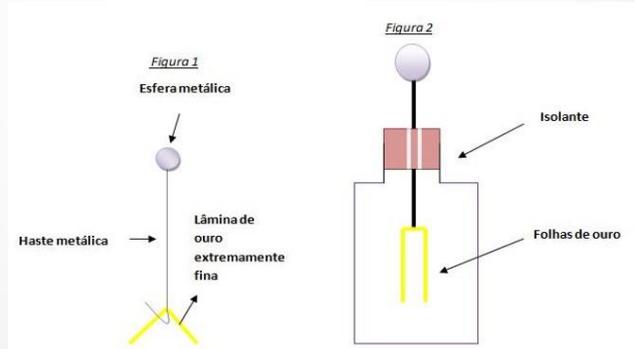
- Heinrich Rudolph Hertz nasceu em 22 de fevereiro de 1857 na cidade alemã de Hamburgo. Foi um dos primeiros cientistas a perceber a existência do efeito fotoelétrico, quando realizava um experimento para comprovar a existência das ondas eletromagnéticas, proposta por James Clerk Maxwell.



O EFEITO FOTOELÉTRICO



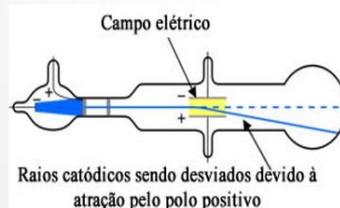
- O físico alemão Wilhelm Ludwig Franz Hallwachs deu continuidade nos trabalhos de Hertz após sua morte.
- As cargas no eletroscópio se perdem lentamente, porém se a placa for submetida a ação da luz ultravioleta, a perda de cargas no eletroscópio acontece de maneira muito rápida. Caso for ligada a placa positivamente a descarga acontece lentamente.



O EFEITO FOTOELÉTRICO



- Em 1897 Joseph John Thomson descobriu o elétron e no ano de 1906 recebeu o prêmio Nobel da Física.
- Utilizando um tubo de raios catódicos Thomson percebeu que a radiação ultra violeta era capaz de emitir elétrons do metal.



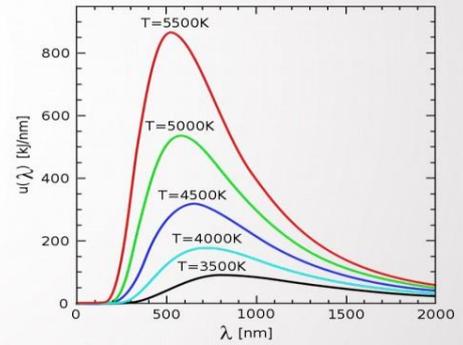
- Philipp Eduard Anton Lenard (1862-1947), foi outro cientista a dar continuidade nos trabalhos de Hertz.

O EFEITO FOTOELÉTRICO

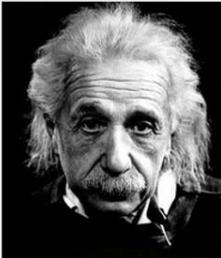


- Max Karl Ernst Ludwig Planck (1858-1947) foi um físico alemão considerado o precursor da física quântica.

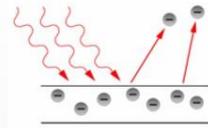
- A equação de Planck: $E=hf$
- Onde:
E= energia;
h= constante de Planck $6,63 \cdot 10^{-34} \cdot \text{J}\cdot\text{s}$;
f= frequência



O EFEITO FOTOELÉTRICO

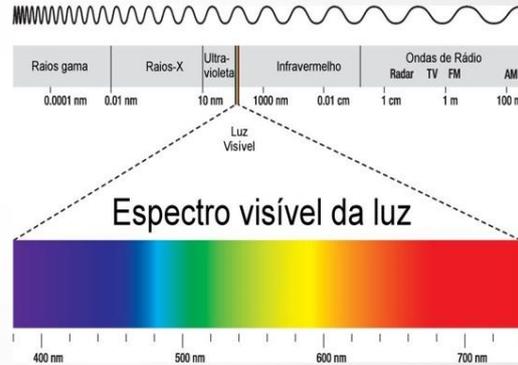
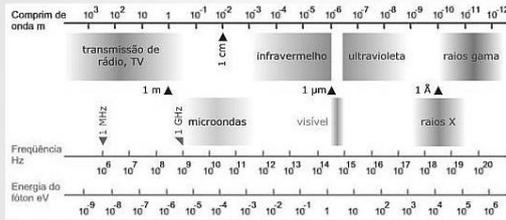


- Albert Einstein (1879-1955) nascido na Alemanha é considerado um dos maiores cientistas da História. Em 1921 recebeu o Prêmio Nobel de Física por sua explicação sobre o efeito fotoelétrico.
- Teoria Especial da Relatividade, Teoria Geral da Relatividade, O efeito fotoelétrico.
- A explicação sobre o efeito fotoelétrico aconteceu somente em 1905, quando Einstein utilizou a equação de Planck ($E=hf$) para propor que a energia era quantizada.
- O efeito fotoelétrico consiste na emissão de elétrons de uma superfície metálica quando incidido luz sobre ela.



Espectro Eletromagnético

- O espectro eletromagnético é definido como sendo o intervalo que contém todas as radiações eletromagnéticas que vai desde as ondas de rádio até os raios gama.



$$f = \frac{c}{\lambda}$$

$$E = hf$$

c = velocidade de propagação da onda

λ = comprimento de onda

f = frequência

SIMULADOR

REFERÊNCIAS

- CABRAL, J. C. **Efeito fotoelétrico: uma abordagem a partir do estudo de circuitos elétricos**. 2015. 131 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Universidade Federal de Lavras, Lavras. 2015.
- ENCELAUTOMATICO, **Portas Automáticas**. Disponível em: <https://encelautomatico.com.br/produtos/>. Acesso em: 4 abr. 2016
- GOOGGLET, **Einstein**. Disponível em: <http://googglet.com/images/apple%20einstein%20commercial>. Acesso em: 4 abr. 2016
- HYPESCIENCE, **Heinrich Hertz: que descobriu esse brilhante cientista**. Disponível em: <http://hypescience.com/heinrich-hertz/>. Acesso em: 4 abr. 2016
- INFO ESCOLA, **Espectro Eletromagnético**. Disponível em: <http://www.infoescola.com/fisica/espectro-eletromagnetico/>. Acesso em: 4 abr. 2016
- INSTITUTO DE FÍSICA-UFRGS, **A Física dos Equipamentos Utilizados em Eletrotermofototerapia**. Disponível em: http://www.if.ufrgs.br/public/tapf/v24_n3_novicky.pdf. Acesso em: 4 abr. 2016
- MSPC, **Eletromagnetismo VI-30**. Disponível em: <http://www.mspc.eng.br/elemag/eletm0630.shtml>. Acesso em: 4 abr. 2016
- MUNDO FISICO, **Joseph John Thomson (1856-1940)**. Disponível em: <http://www.mundofisico.joinville.udesc.br/index.php?idSecao=9&idSubScao=&idTexto=16>. Acesso em: 4 abr. 2016
- PHET COLORADO, **Efeito Fotoelétrico**. Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/photoelectric. Acesso em: 4 abr. 2016
- PHYSIK, **A Picture Gallery of Famous Physicists**. Disponível em: <http://th.physik.uni-frankfurt.de/~jr/physpicexp1.html>. Acesso em: 4 abr. 2016
- PIETROCOLA, M; BROCKINGTON, G. **Recursos Computacionais Disponíveis na Internet para o Ensino de Física Moderna e Contemporânea**. IV ENPEC. Bauru, São Paulo, novembro de 2003.
- QUANTUM UNIVERSE, **G&E (2): Planckeenheden**. Disponível em: <http://www.quantumuniverse.nl/ge-2-planckeenheden>. Acesso em: 4 abr. 2016
- SAEBI, **Wilhelm Ludwig Franz Hallwachs (1859-1922)**. Disponível em: [http://saebi.isgv.de/biografie/Wilhelm_Hallwachs_\(1859-1922\)](http://saebi.isgv.de/biografie/Wilhelm_Hallwachs_(1859-1922)). Acesso em: 4 abr. 2016

APÊNDICE 02

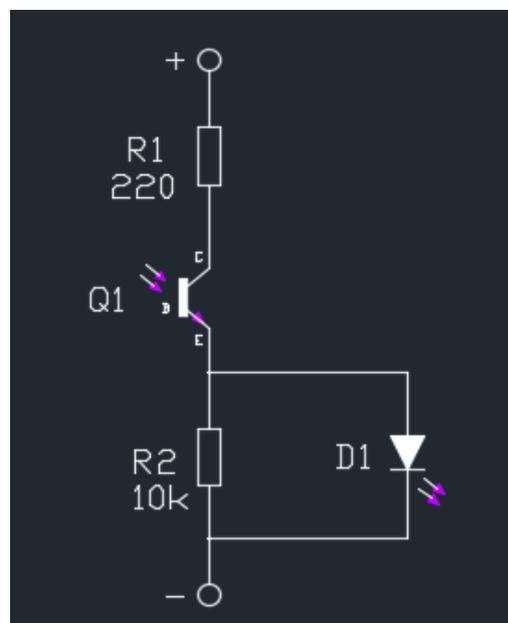
Roteiro Investigativo para o Professor

Atividade 01 – Emissor e receptor de luz

Introdução:

- Esta atividade consiste em um circuito eletrônico, que funciona quando aproximado luz da lanterna de celular ou lanterna convencional, próximo ao fototransistor, ligando o LED. Onde tem-se um resistor e um LED ligados em série em uma fonte de tensão de 3V a 12V (pode ser utilizado pilhas também, mas tem que ser montadas em série para que se tenha no mínimo tensão de 3V).

DIAGRAMA ELÉTRICO



FONTE: acerco do Autor

Objetivo:

- Investigar os fatores que influenciam no funcionamento de um circuito eletrônico quando este submetido a presença de luz.

Materiais utilizados:

- 01 fonte de tensão de 3V a 12V ou duas pilhas de 1,5V, 01 resistores de 220Ohms, 01 resistor de 10kOhms, 01 Led de alto brilho, 01 fototransistor, fios de cobre revestido, *protoboard*, 2 bases circulares de metais, lanterna ou celular com lanterna interna.

Procedimento para montagem dos circuitos:

- O funcionamento da *protoboard* pode ser verificado no link abaixo: <https://www.youtube.com/watch?v=bfqWkB3ae1w>
- Primeiro passo é colocar a *protoboard* sobre uma mesa ou bancada;
- O próximo passo é colocar o resistor de 220Ohms em um das conexões da *proto-board*, uma das pontas do resistor deve ser ligada no positivo da placa;
- O próximo componente a ser colocado na placa é o fototransistor, importante ligar corretamente esse componente pois possui polaridade, é fácil de verificar isso, a “perna” maior é o polo negativo e a menor o polo negativo. O positivo do fototransistor deve ser ligado em serie com o resistor de 220Ohms;
- O próximo componente a ser acrescentado é o LED, que também tem polaridade, a “perna” maior é o polo positivo. O polo positivo do LED deve ser ligado no negativo do fototransistor e o polo negativo do LED conectado ao negativo da fonte;
- O último componente a ser ligado é o resistor de 10kOhms. Uma das pontas do resistor deve ser conectada também no negativo do fototransistor e a outra no negativo da *protoboard*.

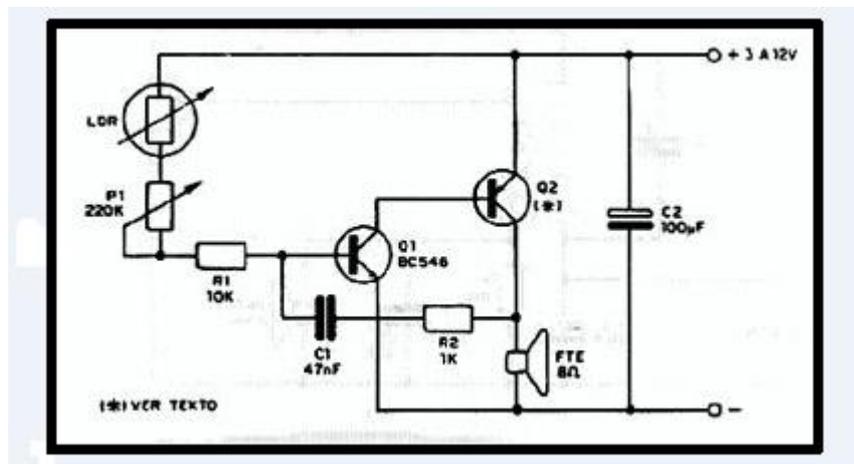
Após todos os componentes terem sido postos na placa é hora de conectar os fios de cobre nos polos positivos e negativos do circuito, conforme disposição dos componentes. Em seguida fazer o teste ligando a fonte de 3V a 12V de tensão na rede elétrica.

Atividade 02 – Alterando o som através das cores

Introdução:

- Esta atividade consiste em escutar os diferentes sons emitidos pelo aut falante quando incidido diferentes cores no circuito. Quando LDR é submetido a diferentes intensidade de iluminação ele altera a impedância do circuito, desta maneira o som que sai pelo aut falante varia.

DIAGRAMA ELÉTRICO



*Transistor TIP32C

Objetivo:

- Investigar como diferentes intensidade de cores influenciam no funcionamento de um circuito eletrônico e altera o som emitido pelo aut falante.

Materiais utilizados:

- 01 fonte de tensão de 3 a 12Vcc, 01 LDR (Resistor Dependente de Luz), 01 resistor de 1kOhms, 01 resistor de 10kOhms, 01 auto falante de 8Ohms, 01 transistor BC546, 01 transistor TIP32C, 01 transistor fixo ou potenciômetro de 220kOhms,

01 capacitor de poliéster de 47nF, 01 capacitor eletrolítico de 100µF, fios de cobre revestido.

Procedimento: Importante destacar que devido as disposições físicas dos componentes na placa algumas das conexões deverão ser feitas com fios de cobre revestidos.

- Com a protoboard sobre uma mesa ou bancada coloque o capacitor eletrolítico de 100µF nas conexões da placa, este tipo de capacitor tem polaridade, sendo fácil identificar os polos, pois estão escritos no próprio componente. Ligar o polo positivo e do capacitor eletrolítico no mesmo ponto elétrico do LDR (que não tem polaridade) e no coletor do transistor TIP32C, que por sua vez deverão estar ligados no positivo da *protoboard*. No link abaixo é possível verificar as características e o funcionamento do TIP32C:

http://www.okdatasheet.com/datasheets/ST-Microelectronics/Semiconductor_Product_TIP32C.htm

- Em seguida, conecte o resistor fixo ou potenciômetro de 220kOhms em serie com o LDR. Após conecte o resistor de 10kOhms também em serie com o potenciômetro ou resistor fixo de 220kOhms.
- O próximo passo é ligar a base do transistor BC546 no mesmo ponto elétrico do resistor de 10kOhms, onde também será ligado o capacitor de poliéster de 47nF que não possui polaridade;
- O próximo procedimento consiste em conectar o coletor do transistor BC546 à base do transistor TIP32C. As características do transistor BC546 podem ser consultadas no endereço abaixo:
http://www.onsemi.com/pub_link/Collateral/BC546-D.PDF
- A próxima etapa é conectar a outra ponta do capacitor de poliéster de 47nF ao resistor de 1kOhms, a outra ponta do resistor deve ser conectada no mesmo ponto elétrico do emissor do transistor TIP32C. Esses dois pontos devem ter contato elétrico com um dos polos do autofalante.
- O próximo passo é conectar o emissor do transistor BC546, o outro ponto do autofalante e o polo negativo do capacitor eletrolítico de 100µF no negativo da *protoboard*.

Após todos os componentes terem sido postos na placa é hora de conectar os fios de cobre nos polos positivos e negativos do circuito, conforme disposição dos componentes. Em seguida fazer o teste ligando a fonte de 3Va 12V de tensão na rede elétrica.

APÊNDICE 03**ROTEIRO DE ATIVIDADES**

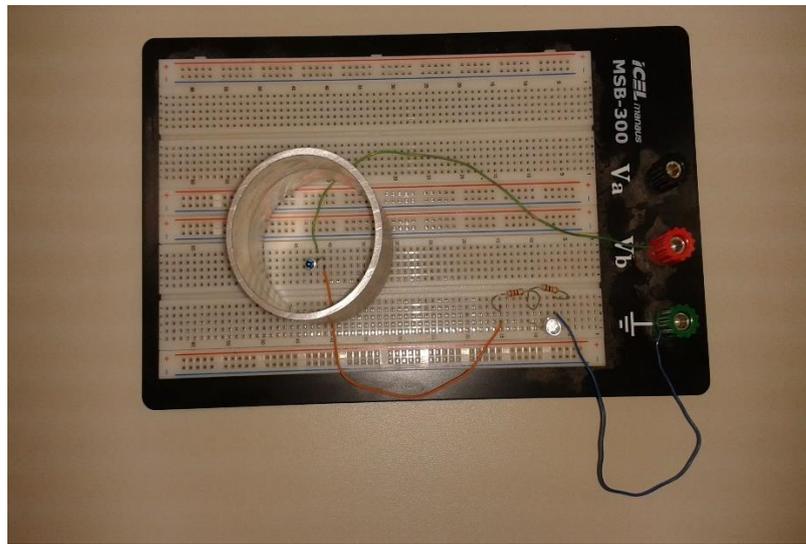
ESCOLA: _____

TURMA: _____

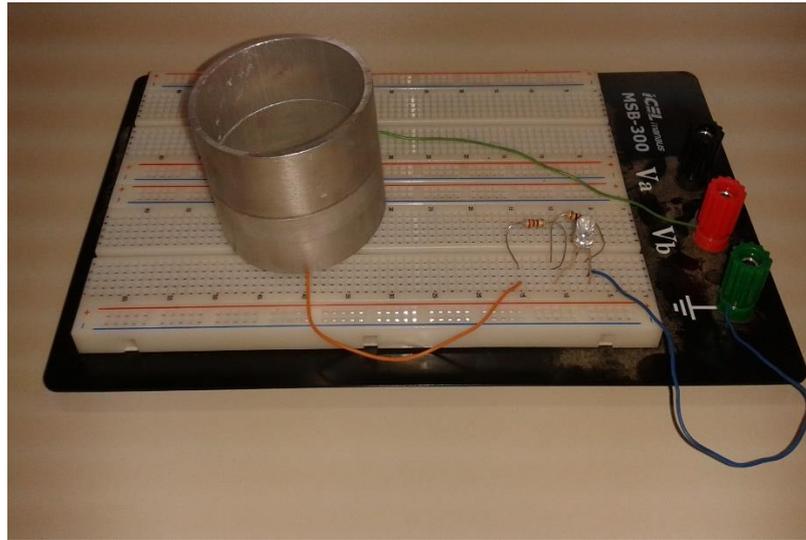
NOMES _____

CIRCUITO 1 – RECEPTOR DE LUZ

Fotos do circuito



Fonte: acervo do Autor



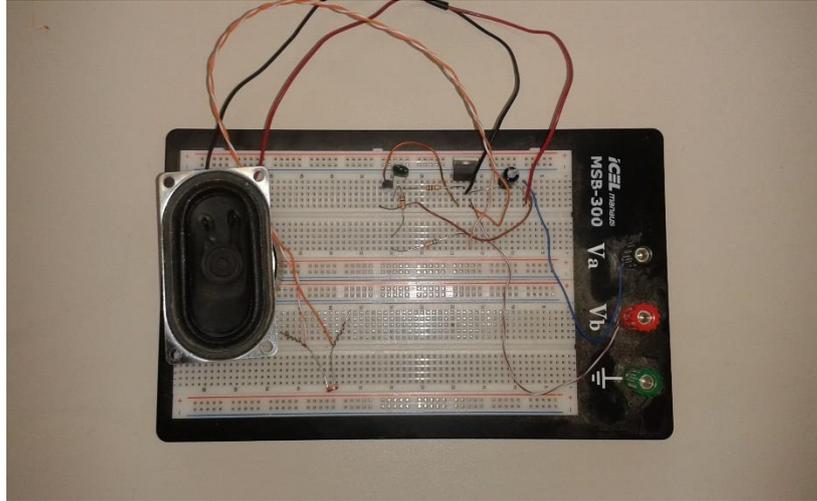
Fonte: acervo do Autor

Procedimentos:

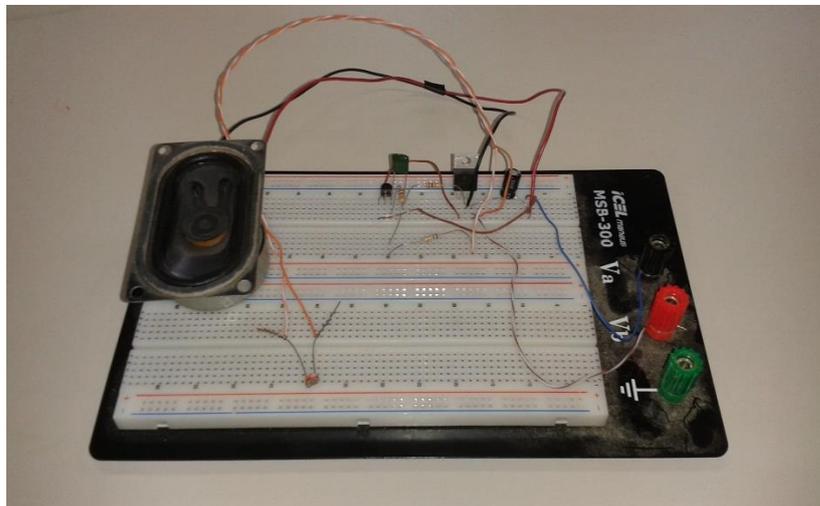
- 1- Com uma lanterna convencional ou lanterna do celular aproxime do sensor sobre as bases circulares disponibilizadas pelo professor e observe o circuito. Anote o que você percebeu.
- 2- Agora na frente da lanterna ou do celular coloque um dos filtros de luz de sobre as bases circulares disponibilizadas pelo professor e verifique o circuito. Anote o que você percebeu.
- 3- Repita o procedimento anterior para os outros filtros descrevendo qual a mudança percebida no circuito.
- 4- Você acha que existe alguma relação entre as cores e o funcionamento do circuito? Explique.
- 5- Para que cores de luz o LED do circuito receptor brilhou com maior intensidade? De acordo com o que você viu na aula de hoje, a que você atribui a mudança no brilho do LED?

CIRCUITO 2 – ALTERANDO O SOM ATRAVÉS DAS CORES

Fotos do circuito



Fonte: acervo do Autor



Fonte: acervo do Autor

Procedimentos:

- 1- Aproxime uma folha de cor branca no sensor do circuito (aproximadamente um dedo da folha no sensor) e “observe” o tipo de som emitido pelo autofalante.
- 2- Agora, aproxime as demais folhas coloridas como feito com a folha branca e descreva as mudanças percebidas no funcionamento do circuito.
- 3- Qual a cor faz com que o som emitido no autofalante seja mais agudo? E qual o mais grave?

APÊNDICE 04

QUESTIONÁRIO

- 1) O que você achou das atividades realizadas pelo professor? Comente.
- 2) Durante o desenvolvimento das atividades você teve alguma dificuldade em compreender o que foi proposto? Se sim, quais foram as dificuldades?
- 3) Como você explicaria o efeito fotoelétrico?
- 4) Qual conceito físico é responsável diretamente pelo aumento da energia do fóton?
- 5) A partir das atividades realizadas classifique as cores dos filtros utilizados no experimento em ordem crescente de energia.
- 6) A que você atribui a mudança no som emitido pelo autofalante quando aproximamos folhas de diferentes cores do sensor LDR.
- 7) Hoje é muito comum encontrarmos sensores de ligamento e desligamento automático de iluminação, principalmente em vias públicas. A partir de seus conhecimentos elabore uma explicação sobre o funcionamento desse tipo de sensor.

APÊNDICE 02

ENTREVISTA COM O PROFESSOR

- 1) O que você achou da proposta didática apresentada? Comente.
- 2) Você implementaria essa proposta para outras turmas? Justifique.
- 3) O que você achou da participação dos alunos diante das atividades realizadas?
- 4) O que você mudaria na proposta realizada?
- 5) A quantidade de aulas contidas na proposta é suficiente para realizar as atividades?

APÊNDICE 03

TRANSCRIÇÃO LITERAL DA ENTREVISTA COM O PROFESSOR

1) O que você achou da proposta didática apresentada? Comente.

R: Achei a proposta muito boa, tendo em vista as propostas previstas nos PCNs e PCNs+ sobre a implantação da Física Moderna e Contemporânea no ensino médio, esse tópico especialmente de efeito fotoelétrico não é trabalhado pelos professores, uma das justificativas é a falta de tempo, tanto para o preparo como aplicação desse tópico então acredito que o desenvolvimento de materiais específicos para trabalhar com o efeito fotoelétrico na forma como foi feito é muito válido e facilitou a vida do professor no sentido de já ter um tópico desenvolvido.

2) Você implementaria essa proposta para outras turmas? Justifique.

R: implementaria porem com alguma ressalva tendo em vista a aplicação do projeto em si, então após a aplicação a gente viu que algumas coisas precisam ser modificadas então aplicaria mas com essas mudanças e também cada aplicação em turmas diferentes a gente vai ter um retorno dos alunos então isso na verdade se pensar assim nunca será parado de mudar a proposta, por que ela vai ser adequada a cada turma e ao *feedback* e cada respostas que os alunos darão em si.

3) O que você achou da participação dos alunos diante das atividade realizadas?

R: essa turma em questão que foi aplicada a proposta é uma turma muito boa, os alunos são empenhados em contribuir para a aula, se você faz uma pergunta e deixa aberta uma discussão eles participam, as vezes até no sentido de não atrapalhar a aula mas tem que despender tempo a mais daquilo programado por essa excessiva participação deles, então no geral a participação foi muito boa, eles entraram na aula no sentido de responder as propostas, as perguntas, que foram feitas a eles para gente ir construindo o conhecimento do efeito fotoelétrico tanto na parte mais teórica quanto na parte pratica que eles fizeram os testes com as duas placas nos dois experimentos, então achei que foi muito boa.

4) O que você mudaria na proposta realizada?

R: essa proposta de uma maneira geral pode ser modificada no sentido de ela vai ter uma aplicação diferente dependendo da turma, porém algumas coisas tem que fazer, testar várias turmas. Os alunos tem que ter visto as propriedades de onda, para os alunos fazerem a relação de frequência e comprimento de onda para depois associar isso com a energia do fóton da radiação em questão, eles precisam ter isso já na cabeça deles. Saber diferenciar ou caracterizar uma onda por sua frequência e por seu comprimento de onda, além disso algumas mudanças sim poderiam ser adicionadas mas pontualmente mas devido a turma. Mas no geral assim a proposta está boa e seria mais atentar para esse detalhe deles saberem caracterizar uma onda por frequência e comprimento de onda, outra proposta que poderia fazer, como a atividade em si seria algo relacionado aos alunos chegarem a algumas conclusões por conta própria seguindo um modelo de aprendizagem significativa, em vez do professor fazer a apresentação no quadro mostrando o *software* do *phet* simulador do efeito fotoelétrico eu adicionaria uma aula nesse sentido no laboratório de informática em duplas ou trios os alunos iriam “experimentar” esse *software* esse simulador do efeito fotoelétrico, acredito que dessa maneira a gente conseguiria ter uma aprendizagem melhor por parte deles no sentido deles entenderem o que é o efeito fotoelétrico e como ele ocorre e quando ocorre e qual a dependência dele, por que se o professor apresenta aos alunos na forma de *slides* tem o problema de os alunos ficarem dispersos ou conversando entre eles. Enfim eles não estão dando a devida atenção aquilo que o professor está falando e mostrando então se eles tiverem com a obrigação de fazerem algumas análises a partir do simulador então eles ficariam mais atentos no sentido de eles se entregar as atividades então acho que isso no final contribuiria muito para eles terem uma aprendizagem significativa mesmo.

5) A quantidade de aulas contidas na proposta é suficiente para realizar as atividades?

R: acredito que 4 horas aulas seria o ideal para gente fazer essa parte inicial, no caso se a turma não teve conteúdos relacionados a propriedades de ondas faria uma pequena introdução ou durante ou antes de falar do espectro eletromagnético e da teoria ondulatória da luz, daria uma explicação sobre essa parte de ondas e as outras aulas seriam então para fazerem o estudo no simulador, responderiam algumas perguntas a cerca daquilo nas outras duas aulas seria a aplicação do experimento em si no caso manipular o experimento e responder os questionários então 4 aulas seria o ideal. Duas aulas para falar mais da teoria do efeito fotoelétrico e usar o simulador e mais duas aulas para eles trabalharem com o experimento e responder as perguntas propostas.