

UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO-UFOP  
Instituto de Ciências Exatas e Biológicas - ICEB  
Mestrado Profissional em Ensino de Ciências - Física

FREDERICO FERREIRA FREITAS

Utilização das tecnologias da informação (TI's) para o  
ensino de Física Moderna no Ensino Médio

Ouro Preto – Minas Gerais  
2017

FREDERICO FERREIRA FREITAS

## Utilização das tecnologias da informação (TI's) para o ensino de Física Moderna no Ensino Médio

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade Federal de Ouro Preto, como requisito parcial para obtenção de título de Mestre em Ensino de Ciências.

Área de Concentração: Ensino de Física

Orientador: Prof. Dr. Silmar Antônio Travain

Coorientador: Fábio Augusto Rodrigues e Silva

Ouro Preto – Minas Gerais  
2017

F866u Freitas, Frederico Ferreira.  
Utilização das tecnologias de informação (TI's) para o ensino de Física Moderna no Ensino Médio [manuscrito] / Frederico Ferreira Freitas. - 2017. 73f.:

Orientador: Prof. Dr. Silmar Antônio Travain.  
Coorientador: Prof. Dr. Fábio Augusto Rodrigues e Silva.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Ouro Preto. Instituto de Ciências Exatas e Biológicas. Mestrado Profissional em Ensino da Ciência. Programa de Pós-Graduação em Ensino da Ciência.  
Área de Concentração: Ensino Básico e Educação Superior (Física, Química, Biologia).

1. Eletromagnetismo. 2. Tecnologia da Informação. 3. Formação de Professores. I. Travain, Silmar Antônio. II. Rodrigues e Silva, Fábio Augusto. III. Universidade Federal de Ouro Preto. IV. Título.

CDU: 510:377:378

Catálogo: [www.sisbin.ufop.br](http://www.sisbin.ufop.br)



UFOP



MESTRADO PROFISSIONAL  
EM ENSINO DE CIÊNCIAS

## ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Aos vinte dias do mês de março do ano de dois mil e dezessete, na Sala de Multimídia do Instituto de Ciências Exatas e Biológicas (CEIB) desta Universidade, às 14 horas e 06 minutos, reuniu-se a banca examinadora composta por Prof. Dr. Silmar Antonio Travain, orientador e presidente, Prof. Dr. Fábio Augusto Rodrigues e Silva, coorientador do trabalho, Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Alice Assis, membro externa ao Programa, e Prof. Dr. Carlos Joel Franco, membro interno ao MPEC. A reunião teve por objetivo julgar o trabalho do aluno Frederico Ferreira Freitas, intitulado "*Utilização das tecnologias de informação (TI's) para o ensino de física moderna no ensino médio*".

Em sessão pública, os trabalhos foram abertos pelo presidente da banca. A seguir, foi dada a palavra ao estudante para apresentação do trabalho. Em seguida, cada examinador(a) arguiu o examinado. Terminadas as arguições, procedeu-se o julgamento do trabalho, concluindo a banca examinadora por sua:

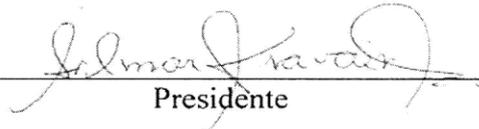
( ) Aprovação.

(x) Aprovação com 60 % de aproveitamento, condicionada à entrega de revisão proposta pela banca em até 60 (sessenta) dias.

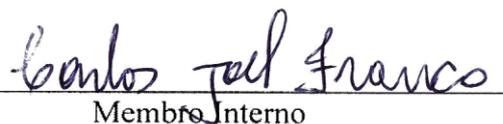
( ) Reprovação.

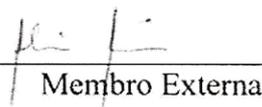
Nada mais havendo a tratar, foi lavrada a presente ata, que vai assinada pelos membros da banca examinadora e pelo candidato.

Ouro Preto, 20 de março de 2017.

  
\_\_\_\_\_  
Presidente

  
\_\_\_\_\_  
Coorientador

  
\_\_\_\_\_  
Membro Interno

  
\_\_\_\_\_  
Membro Externa

4

  
\_\_\_\_\_  
Candidato

*Agradecimentos a minha família*

## Lista de Figuras

FIGURA 1 – Imagem da página principal do Site do PhET.....	28
FIGURA 2 – Simulador do PhET utilizado na oficina sobre o Efeito Fotoelétrico..	30
FIGURA 3 – Dinâmica professor-aluno.....	33

## Sumário

<b>RESUMO.....</b>	<b>8</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>9</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>13</b>
2.1. O Ensino de Física.....	13
2.2. O uso de tecnologias de informação nos processos de ensino.....	16
2.3. O Ensino de Física Moderna e Contemporânea.....	20
2.4. A escolha do conteúdo: O efeito fotoelétrico.....	22
2.5. Descrição da plataforma PhET.....	27
<b>3. REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>32</b>
3.1. Paulo Freire e a Educação Transformadora.....	32
3.2. O tema gerador no ensino: Efeito Fotoelétrico.....	36
<b>4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....</b>	<b>39</b>
4.1. Contexto da Pesquisa.....	39
4.2. Participantes.....	39
4.3. Instrumentos de pesquisa.....	40
4.4. A pesquisa.....	40
4.5. Coleta de dados.....	44
4.6. Procedimento na Análise de Dados.....	45
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>46</b>
5.1. Aplicação da Oficina nas Escolas .....	46
5.2. Análise das Observações em sala de aula.....	53
5.3. Respostas sobre o questionário.....	55
5.4. Análise das respostas da entrevista.....	56
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>61</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>63</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>66</b>

## RESUMO

Nos últimos anos, o uso das tecnologias de informação (TI's) como uma ferramenta de auxílio pedagógico vêm sendo muito discutido. Entre elas destaca-se o uso de *softwares* que são muito explorados, pois permitem o estudo de simulações que na prática seriam difíceis e, até impossíveis de serem realizadas em laboratórios tradicionais. A utilização desses *softwares* pode facilitar a compreensão de alguns fenômenos físicos, tornando possível a visualização de gráficos e animações num mesmo ambiente. Com essa melhor visualização, e juntamente com o interesse do aluno pelo uso dos *softwares*, o processo de ensino-aprendizagem pode ser mais produtivo. Esses *softwares* tem propiciado uma melhor introdução de conteúdos de Física Moderna no ensino médio. A física moderna é um campo de conhecimento essencial para a compreensão de fenômenos ligados ao cotidiano, seja de origem natural ou tecnológica, como sensores noturnos, portões eletrônicos, sistemas de iluminação, dispositivos eletrônicos, entre outros, o que fazem deste tema um assunto de destaque. Assim, para uma melhor compreensão dessas tecnologias, faz-se necessário intensificar discussões sobre tópicos de Física Moderna na grade curricular das escolas de nível básico. Um tema que apresenta várias aplicações no dia-a-dia é o Efeito Fotoelétrico, um assunto que consta na matriz curricular do ensino médio. Estamos sendo monitorados diariamente por sensores, seja para locomoção (no interior dos motores automotivos), para segurança (alarmes) para iluminação pública (células fotoelétricas), entre outros. Considerando as tecnologias aplicadas e sua inserção em ensino de ciências, este trabalho visa, por meio de uma oficina, apresentar uma proposta de atividades que permitam estudar o efeito fotoelétrico com o uso de um *software* da plataforma *PhET*, da Universidade do Colorado. O desafio dessa proposta é estimular a participação dos alunos na construção do conhecimento, inspirado na abordagem dialógica de Paulo Freire. O trabalho constitui em oficinas instrumentais aos professores do ensino médio sobre tópicos de Física Moderna, em especial o tema efeito fotoelétrico, com o auxílio de um *software* da plataforma PhET. Como produto final deste trabalho, pretende-se obter uma sequência didática que possa ser utilizada no Ensino de Física Moderna.

**Palavras-chave:** Efeito Fotoelétrico; Tecnologias de Informação, Formação de Professores.

## ABSTRACT

In recent years, the use of information technology (IT) as a pedagogical aid tool has been much discussed. Among them is the use of softwares that are very exploited because they allow the study of simulations that in practice would be difficult and even impossible to be performed in traditional laboratories. The use of these softwares can facilitate the understanding of some physical phenomena, making possible the visualization of graphs and animations in the same environment. With this better visualization, and together with the student's interest in the use of software, the teaching-learning process can be more productive. These softwares have provided a better introduction of Modern Physics contents in high school. Modern physics is a field of essential knowledge for the understanding of phenomena linked to everyday life, whether of natural or technological origin, such as night sensors, electronic gates, lighting systems, electronic devices, among others, making this subject a subject of Featured. Thus, for a better understanding of these technologies, it is necessary to intensify discussions on topics of Modern Physics in the curriculum of elementary schools. A subject that presents several applications in the day-to-day is the Photoelectric Effect, a subject that appears in the curricular matrix of high school. We are being monitored daily by sensors, whether for locomotion (inside automotive engines), for safety (alarms) for public lighting (photoelectric cells), among others. Considering the applied technologies and their insertion in science teaching, this work aims, through a workshop, to present a proposal of activities that allow to study the photoelectric effect with the use of a software of the PhET platform, of the University of Colorado. The challenge of this proposal is to stimulate students' participation in the construction of knowledge, inspired by Paulo Freire's dialogical approach. The work constitutes in instrumental workshops to teachers of high school on topics of Modern Physics, in particular the theme photoelectric effect, with the aid of software of the platform PhET. As a final product of this work, we intend to obtain a didactic sequence that can be used in the Teaching of Modern Physics.

## 1. INTRODUÇÃO

No ano 1996, cursava a antiga oitava série do primeiro grau, e ouvia dos alunos do segundo grau, que as matérias nossas eram tranquilas, que no próximo ano sim veríamos matérias mais complicadas, além da Matemática, teríamos a Química e a Física. Pois bem, venci a oitava série e assim estava ansioso para o próximo ano letivo.

Chegava o grande dia, não foi bem o que esperava, uma vez que o professor nos ensinava o conteúdo utilizando-se apenas do quadro-negro, giz e livro-texto, e para a fixação da matéria resolvíamos os exercícios propostos nos livro texto. Foi assim durante o segundo grau, o ensino de física se resumia à memorização e aplicação de fórmulas. Anos mais tarde, no curso de graduação em Física realizado na Universidade Federal de Viçosa, pude compreender a Física no nosso cotidiano, com aulas de laboratório, experimentos práticos e virtuais. Assim, senti como era prazeroso o aprendizado em Física.

Os anos foram passando, ainda durante a graduação lectionei em escolas públicas, mas infelizmente sempre da mesma maneira que a maioria dos professores de física do ensino médio. Fazendo uso somente do quadro-negro e giz, tanto para alunos do ensino médio regular, como para alunos da Educação para Jovens e Adultos (EJA), não utilizando o conhecimento adquirido nas disciplinas voltadas para a atividade experimental, cursadas durante a minha graduação.

Somente no ano de 2013, lecionando para alunos de uma cidade do interior de Minas Gerais, emprestei a minha aula para que eles pudessem fazer uma avaliação do Estado, por meio do computador. Eles respondiam questões fechadas de matemáticas. Com o auxílio do computador vi que ganhávamos tempo, uma vez que não tínhamos a necessidade da distribuição e impressão da prova. Foi quando percebi que tínhamos uma ferramenta educacional a meu dispor, que não a usava com o devido potencial e que com o seu uso podíamos ganhar tempo.

Assim, em 2014 surgiu à oportunidade de cursar o Mestrado Profissional em Ensino de Ciências, área de concentração em Ensino de Física, da Universidade Federal de Ouro Preto. Meu ingresso no curso de pós-graduação, foi visando buscar alternativas para auxiliar na abordagem de conteúdos de Física de difícil reprodução experimental

no Ensino de Física.

Nesta perspectiva, onde percebi a dificuldade dos alunos no entendimento de conceitos mais abstratos, como o entendimento de fenômenos relativos à Física Moderna, me posicionei para levar a meus colegas professores outras ferramentas para melhor desenvolver os conteúdos com os alunos. Com isso, uma das maneiras que achei importante nessa atuação, foi o meu envolvimento no mestrado em ensino de ciências para ter um apoio didático nas oficinas técnicas de experimentação e simulação de aparatos.

Neste trabalho, propomos desenvolver uma sequência didática para professores com experimentos por simulação para introduzir conceitos de Física Moderna no ensino médio por meio do tema o efeito fotoelétrico. Com essa metodologia, propomos a utilização de novas TI's para o ensino (experimentos por simulação), além de possibilitar a explicação de sua funcionalidade a partir de conceitos de Física Moderna. Nesta proposta são utilizadas simulações experimentais sobre o efeito fotoelétrico disponíveis na Plataforma PhET<sup>1</sup>. Foi desenvolvida uma oficina a professores de Física do ensino médio, utilizando a plataforma PhET para explicar a experiência do efeito fotoelétrico<sup>2</sup>, bem como os parâmetros que influenciam sua realização.

O objetivo geral da nossa pesquisa foi desenvolver e analisar o impacto de uma intervenção didática suportada por simulação computacional que oferece uma abordagem diferenciada do conceito do efeito fotoelétrico no ensino médio. Temos como objetivos específicos: Desenvolver metodologia de ensino para o uso de um *software* disponível na plataforma PhET para abordagem do conceito do efeito fotoelétrico no ensino médio; Diagnosticar o interesse pela utilização de programas computacionais para o ensino de física moderna pelos professores do ensino médio; Avaliar o processo de capacitação de professores oferecido na oficina proposta. E por fim, oferecer aos professores uma alternativa, com o uso do simulador, para a

---

<sup>1</sup> Essa plataforma será apresentada em capítulo posterior e pode ser acessada no endereço [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulations/category/physics](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/category/physics).

<sup>2</sup> O Efeito fotoelétrico é observado, quando um feixe de luz incide sobre uma superfície metálica ou semicondutora, numa certa faixa de frequências. Sendo assim é óbvio que este fenômeno não ocorre para todo tipo de frequência. Neste caso, elétrons ligados aos átomos são providos a elétrons livres, capazes de conduzir correntes (EISBERG & RESNICK, 1979).

introdução do conceito do efeito fotoelétrico, com o auxílio do software da plataforma PhET. A proposta visa estimular a resolução de um problema de pesquisa no Ensino de Física. As dificuldades encontradas para o ensino dessa ciência apontam para o despreparo e formação insuficiente dos professores, deficiente distribuição do conteúdo curricular, com ausência de tópicos de Física Moderna e metodologias pouco motivadoras e desatualizadas.

Esta dissertação foi dividida e organizada em seis capítulos. No capítulo 1, descrevemos uma breve introdução sobre a motivação deste trabalho e nossos objetivos. No capítulo 2, apresentamos a revisão bibliográfica, com a descrição do ensino de física moderna e contemporânea, uma descrição sobre o efeito fotoelétrico e sobre o uso das tecnologias de informação. No capítulo 3, apresentamos o referencial teórico, em que destacamos Paulo Freire e a educação transformadora e a Dinâmica dos Três Momentos Pedagógicos. No capítulo 4, apresentamos a metodologia empregada na pesquisa, destacando a escolha do simulador da plataforma *phet*. No capítulo 5, apresentamos os resultados obtidos e as discussões de nossa pesquisa. E, por fim, no capítulo 6, apresentamos as considerações finais.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. O Ensino de Física**

O Ensino de Física nos últimos anos vem sendo muito discutido por profissionais da área e muitas ações têm sido propostas com o objetivo de melhorar sua qualidade. Muitas dessas ações visam superar limitações das metodologias consideradas tradicionais que se pautam em exercícios de lápis e papel e exposição apenas pelo professores (GALIAZZI et al., 2001). Essas metodologias são consideradas ultrapassadas e pouco motivadoras. O uso dessas metodologias geram aulas de Física que acabam se resumindo em aplicação de fórmulas e memorização, levando o aluno a não relacionar os conceitos expostos a fatores que ocorrem em seu cotidiano, dificultando seu aprendizado (PIRES; VEIT, 2006). Outro problema observado está na carga horária das aulas de Física que vem sofrendo uma redução significativa, levando os professores a trabalharem apenas determinados conteúdos que consideram mais significativos, muitas vezes associados à mecânica clássica.

Uma das possibilidades para superar esses problemas está relacionada à utilização de recursos computacionais, cada vez mais presentes em nossa sociedade. Afinal, os estudantes desde cedo demonstram interesse e domínio sobre os recursos tecnológicos e a utilização da informática associada à internet pode favorecer na formação de conceitos pouco compreendidos (ANDRADE, 2010). Para tanto, a escola ainda precisa repensar na sua relação com os meios de comunicação, fazendo com que esses recursos trabalhem a seu favor. Por meio dos meios de comunicação são repassadas à comunidade informações e conhecimentos com predomínio da forma lúdica e a escola pode utilizar esses recursos como ponto de partida para motivar e ensinar os seus estudantes.

Nesse sentido, os professores podem introduzir as tecnologias de informação (TI's) de forma a possibilitar um Ensino de Física mais eficiente, ou seja, mais eficaz. Destaca-se que a inserção das TI's está de acordo com a composição do ensino médio brasileiro, que a partir da promulgação da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBEN) de 1996, regulamentada em 1998 pelas Diretrizes do Conselho Nacional de Educação foram criados parâmetros que passaram a regulamentar a definição geral dada na LDBEN, denominados Parâmetros Curriculares Nacionais, os

chamados PCNs (WEBBER, 2006). Os PCN's tem como base difundir e orientar os professores quanto aos princípios da reforma curricular na busca de novos objetivos e metodologias para o ensino. Assim, a inserção das TI's deve proporcionar aos alunos uma maior interação e habilidades na busca e construção do conhecimento científico. Dentre as habilidades, o aluno do ensino médio deverá compreender o efeito fotoelétrico e suas aplicações. Ele deve conhecer os conceitos de fóton e quantum, além de saber calcular a energia de um quantum e saber resolver problemas que envolvam o efeito fotoelétrico.

Vale ressaltar que muitas vezes os professores estão defasados em relação aos recursos computacionais quando comparado com os alunos, seja pela falta de recursos financeiros, ou pela falta de preparo (COELHO, 2002). Com isso, escolas e professores devem se adequar às TI's atuais, visando diminuir a diferença de conhecimento entre os alunos e o ambiente escolar, para que a tecnologia possa favorecer o desenvolvimento dos conteúdos estudados (GONÇALVES, 2005).

A inserção das TI's no ambiente escolar só terá efeito positivo se puderem contribuir de alguma forma para a melhoria e o avanço da qualidade de ensino. Sendo assim, há a necessidade de acompanhar e avaliar a construção do saber pelo aluno, de modo a justificar a utilização destas ferramentas tecnológicas.

A cada dia, encontramos novos aparelhos eletrônicos e opto-eletrônicos (CD's, displays de cristal líquido, impressora laser), dispositivos automáticos, sistemas de controle a lasers empregados na medicina e nas telecomunicações, além de outras utilidades na indústria. Todas essas tecnologias e outras mais estão presentes em nossa casa, lojas, supermercados, hospitais, aeroportos, e em alguns casos também em nossas escolas (VALADARES, 1998). Ainda que tardiamente, é relevante que os alunos do ensino médio tenham conhecimento dos fundamentos da tecnologia atual relacionada com seu dia-a-dia, o que pode facilitar sua escolha profissional no futuro. Portanto, a abordagem de conceitos básicos de Física Moderna durante as aulas passa a ser de grande importância, pois, tais inserções podem explicar o funcionamento de tecnologias recentes, além de relacionar a física da sala de aula com a física do cotidiano.

Com a abertura do mercado internacional e o avanço da economia, há alguns

anos, podemos também adquirir novos artefatos tecnológicos a preços razoáveis, como a caneta laser, sensores de luz e dispositivos luminescentes que podem ser utilizados para introduzir e trabalhar conceitos durante as aulas. Ainda, é possível desenvolver vários modelos e protótipos de equipamentos e dispositivos que demonstram os princípios da Física Moderna e suas aplicações.

A introdução de conteúdos de Física Moderna no ensino médio é destacada nos trabalhos de Terrazan (1994) e Osterman (2000). Os autores criticam livros didáticos de Física do ensino médio, tanto nacionais como internacionais, como apenas reprodutores de uma sequência conservadora de conteúdos de Física. Quanto a uma inovação, Terrazan destacou em trabalhos nacionais, o projeto do Grupo de Reelaboração do Ensino de Física (GREF 1993-1995), tanto na organização de conteúdos de Física Clássica, como os conteúdos de Física Moderna. Em relação aos trabalhos internacionais, Terrazan destacou quatro deles, desenvolvidos na década de 60 e 70, dois norte-americanos, o *Physical Science Study Comitee* (PSSC) e o *Harvard Project Physics* (HPP), que apresentam ao final de sua coleção tópicos de Física Moderna, e dois ingleses, o *Nuffied Science Teaching Project* (NSTP), que mescla os dois tipos de conteúdos e o *Nuffiel Advanced Science* (NAS), em um nível mais avançado do NSTP, em que os tópicos de Física Moderna são abordados com maior ênfase (JÚNIOR, 2003).

O Grupo de Reelaboração do Ensino de Física (GREF) é um conjunto de professores da rede estadual de ensino de São Paulo, coordenado por docentes do Instituto de Física da Universidade de São Paulo (USP). O objetivo desse grupo foi a elaboração de uma proposta de Ensino de Física para o ensino médio vinculada à experiência cotidiana dos alunos, procurando apresentar a eles a Física como um instrumento de melhor compreensão e atuação na realidade.

O projeto Physical Science Study Committee (PSSC) foi criado na década de 50 do século passado, por um grupo de professores universitários, de professores de física de nível secundário e do Instituto de Tecnologia de Massachusetts, para pensar e propor maneiras de reformular o ensino de Física em cursos introdutórios. Os educadores decidiram que livros textos adequados poderiam estimular, em parte, o interesse dos alunos pelo assunto, levando-os a pensar como cientistas e disponibilizar oportunidades para que resolvessem problemas da mesma maneira que um físico.

Quanto à metodologia que esses tópicos são abordados no ensino médio, Terrazan (1994) destaca três métodos de abordagem nas aulas de Física. O primeiro propõe a exploração dos limites clássicos, de modo que o aluno possa entender a crise vivida pela Física Clássica no final do século XIX, e o surgimento de um novo conhecimento científico. O segundo, ao contrário, propõe evitar comparações entre a Física Clássica e a Física Moderna, uma vez que estes confundem o pensamento do aluno, na formação dos conceitos e modelos utilizados na Física Quântica. Uma abordagem intermediária é proposta, de modo que se respeite a evolução histórica dos conceitos físicos, mas defenda uma seleção criteriosa de conteúdos que proporcione aos alunos uma noção básica de conceitos de Física Moderna, como elétrons, fótons, núcleos e estrutura atômica, evitando assim se aprofundar muito no assunto (TERRAZAN, 1994). Entre esses três métodos de abordagens, o que mais se aproxima de nossa proposta é justamente o último. Apesar deste conteúdo de Física Moderna ser apresentado apenas em livros didáticos da 3ª série do ensino médio, é possível ser utilizado em outras séries, uma vez que, os conteúdos trabalhados já fazem parte do cotidiano do aluno.

## **2.2. O uso de tecnologias de informação nos processos de ensino**

O uso das Tecnologias de Informação (TI's) tem crescido muito nos últimos anos. Entretanto, no ensino de ciências, principalmente para a Física Moderna, a aplicação de tais ferramentas não tem sido usada, de maneira que corresponda à sua importância (OLIVEIRA, 2010). Os estudantes do ensino médio já possuem conhecimento prático sobre as TI's, uma vez que estas já fazem parte do seu dia-a-dia, mas, para se obter resultados satisfatórios nesta utilização, é necessária a aplicação de exemplos práticos, sejam nas tarefas escolares ou, até mesmo como entretenimento durante as aulas. Para isso, é necessário que o professor aproveite todo recurso didático à sua disposição.

A utilização da informática em educação, basicamente, aparece em duas grandes frentes: para o próprio ensino de informática e computação, e para o desenvolvimento do ensino em diferentes áreas de conhecimento, isto é, como um recurso didático auxiliar. Podem-se classificar as formas de utilização dos computadores nas seguintes modalidades: tutoriais, de exercícios e prática, demonstrações, simulações e jogos.

Entretanto, vale ressaltar que esta classificação é arbitrária, pois os limites entre uma e outra modalidade não são claros e um mesmo programa pode reunir várias modalidades, as quais, de maneira sucinta, podem ser diferenciadas (YAMAMOTO e BARBETA, 2001):

- 1) Tutoriais: os programas agem como “tutores”, fornecendo informações e depois verificando, por meio de perguntas, se o aluno compreendeu o tema abordado, constituindo-se numa versão computacional da instrução programada. Nesta forma de utilização, não acontece muita vantagem pedagógica em se utilizar o computador ou as TIs, em substituição aos métodos tradicionais, exceto se levarmos em conta a motivação e a facilidade de uso;
- 2) Exercícios ou práticas: os programas apresentam problemas de uma área específica a serem resolvidas pelo aluno, sendo muito utilizados na revisão de assuntos vistos em sala de aula e que envolvam memorização;
- 3) Demonstrações: permitem a reprodução do comportamento de um dado sistema, na tela do computador, a partir do modelo teórico que o descreve;
- 4) Jogos: que se constituem em um modo divertido de se aprender. Os jogos de maior valor pedagógico são os que promovem as habilidades cognitivas complexas, tais como: xadrez, jogos de memória, entre outros.

De modo geral, a utilização dos computadores é uma ferramenta de pesquisa para a obtenção dos mais variados tipos de informação. Com o avanço da *internet*, ou seja, com sua popularização, passou-se a ter acesso a grandes bases de dados situados nas mais diversas localidades do planeta. Assim, a *internet* vem sendo considerada um dos recursos mais promissores para o uso do computador no ensino (YAMAMOTO; BARBETA, 2001).

Uma das utilizações mais aplicadas do computador em Ensino de Física tem sido na simulação de experiências e no uso para coletar e/ou analisar dados em tempo real (cálculo de médias, desvios padrões, e outros). Simulações são realizadas em microcomputadores em aulas laboratoriais, cujos *softwares* são desenvolvidos para aplicações específicas. Algumas destas aplicações são destacadas no trabalho de

Yamamoto e Barbeta (2001), como a simulação de um pêndulo simples animado em tempo real, com possibilidade de variar parâmetros como o comprimento do fio e a aceleração da gravidade e a simulação de um sistema massa-mola submetido a um amortecimento devido à imersão da massa em um meio viscoso, gerando dados, como gráficos de posição, velocidade e aceleração da massa oscilando em função do tempo com amortecimento subcrítico, crítico e supercrítico que são obtidos variando-se parâmetros em simulações amortecidas.

Outro trabalho, desenvolvido com uso de simulações, foi realizado sobre gravitação e temas afins com turmas do primeiro ano do ensino médio. Com o uso das TI's foi possível desenvolver um material instrucional que incluía hipertextos, ilustrações, vídeos e animações (PIRES & VEIT, 2006). Ao inserir as TI's no ensino de física, os autores tinham como objetivo ampliar a interação aluno-conhecimento-professor, estimulando assim as atividades presenciais e em especial, à distância, tendo como resultado um aumento da carga horária de Física.

O uso das TI's para simulações computacionais vão além de simples simulações computacionais. Elas fazem parte de uma grande classe de tecnologias, que podem ser classificadas de acordo com o grau de interatividade entre o aprendiz e o computador. Esta interatividade é baseada no fato de que um *software* não fornece apenas uma animação isolada do fenômeno em estudo, mas um grande número de animações alternativas selecionadas por meio de alterações nos parâmetros pelos alunos. Assim, as simulações podem ser consideradas como representações ou modelagens de materiais específicos, reais ou imaginários, de sistemas ou fenômenos. Elas podem ser consideradas de grande utilidade, especialmente quando o experimento em estudo for muito difícil de ser reproduzido pelos alunos. Como uma descida na Lua, uma situação que envolva uma experiência nuclear, entre outros experimentos perigosos. Os experimentos prioritários em Ensino de Física, no uso das simulações computacionais, são aqueles extremamente caros, lentos ou rápidos demais. Por exemplo, o caso de experimentos em Física Moderna, no caso de uma lâmpada de hidrogênio, cujo o custo é alto. (MEDEIROS e MEDEIROS, 2002).

Nos últimos anos, podemos destacar alguns trabalhos na área, como a dissertação de Andrade (2010) intitulada “*O uso das novas tecnologias de informação e*

*comunicação no ensino de física: uma abordagem através da modelagem computacional*” que discute o uso das tecnologias de informação e comunicação no ensino de cinemática escalar para alunos do primeiro ano do ensino médio. A estratégia adotada contava com a utilização de aulas e testes virtuais, além de atividades de modelagem computacional com o programa *Modellus*<sup>3</sup>. Todo o material desenvolvido foi disponibilizado em forma de hipertexto que se encontra disponível para demais professores na internet. Segundo o autor, durante a aplicação da proposta foi observado que o método usado apresentou maior eficiência, visto que, o contato e a interação dos alunos com o objeto em estudo e com as ferramentas educacionais se destacam quando comparados às metodologias tradicionais.

A dissertação de Cenne (2007) intitulada “*Tecnologias Computacionais como Recurso Complementar no Ensino de Física Térmica*” discute o uso das tecnologias de informação e comunicação no Ensino de Física térmica para alunos do segundo ano do Ensino Médio. A estratégia adotada contava com a utilização de modelagens computacionais criadas com o auxílio dos programas *Modellus*<sup>3</sup> e *Excel*. Os conteúdos abordados foram termometria, dilatação térmica, calorimetria, curvas de aquecimento, processos de transmissão de calor, gases ideais e termodinâmica. Estes conteúdos foram dispostos em módulos didáticos, com texto de apoio, guia com orientações e questionamentos acerca do conteúdo sobre as modelagens utilizadas.

Outro trabalho em destaque, a dissertação de Coelho (2002) intitulada “*O Uso da Informática no Ensino de Física de Nível Médio*” faz um breve estudo sobre o Ensino de Física por meio de entrevistas com professores da cidade de Pelotas, visando obter maior compreensão da prática, das concepções e das expectativas dos mesmos sobre a utilização da informática no ensino. Para alguns professores, é necessária a transformação na utilização dos recursos disponíveis. Após análise dos entrevistados sobre a prática reflexiva, percebe-se uma defesa da necessidade de se incorporar a informática com o ambiente escolar.

---

<sup>3</sup> *Modellus* é um programa que, permite a exploração de modelos matemáticos e físicos conhecidos, de um maneira simples, permite construir modelos matemáticos para o estudo de vários sistemas. O programa permite construir gráficos e tabelas de modo simples. Disponível: <http://phoenix.sce.fct.unl.pt/modellus>.

Sabemos que a internet e os *softwares* educacionais vêm sendo uma ferramenta de grande interesse, tanto no ensino presencial, quanto no ensino à distância. Destaca-se que a utilização das TI's no ensino de Física potencializa o ensino de vários conceitos, alguns deles abstratos como é o caso da energia, do campo elétrico, da radiação eletromagnética, entre outros. Além disso, a Física trabalha com materiais que, na maioria das vezes, estão fora da percepção humana, tais como, partículas subatômicas, corpos submetidos a altas velocidades e processos com alto índice de complexidade.

### **2.3. O Ensino de Física Moderna e Contemporânea**

Nos últimos anos, cada vez mais são discutidos entre estudiosos e pesquisadores a necessidade da inserção de conceitos de Física Moderna no Ensino Médio. Cavalcanti Júnior (2003) destaca quatro projetos que contribuíram para a inclusão da Física Moderna no Ensino Médio. Três deles foram desenvolvidos na década de setenta: o PBEF (Projeto Brasileiro de Ensino de Física), o PEF (Projeto de Ensino de Física) e o FAI (Física Auto Instrutiva). O GREF (Grupo de Reelaboração do Ensino de Física) é o mais recente, desenvolvido nos anos noventa, e que nos dias de hoje, ainda é analisado por pesquisadores da educação. O grupo GREF conduziu um projeto em Ensino de Física na educação de nível médio, partindo de conteúdos referentes à vida cotidiana. (CAVALCANTI & TAROLAVO, 2001).

A Física estudada nos dias atuais nas escolas do Ensino Médio concentra-se em conteúdos discutidos antes de 1900, não correspondendo ao progresso dessa ciência, sendo mais de cem anos de atraso. Assim, a Física denominada Física Moderna já não é tão moderna, tendo esta denominação para experimentos do início do século XX. Atualmente, os livros, professores e pesquisadores da área a denominam como Física Moderna e Contemporânea (FMC) (GOMES, 2011). Os temas de FMC são exibidos em meios de comunicação, acompanhados diariamente em televisões, jornais e em revistas de divulgação científica. Devido a essa alta exposição, é pertinente que temas científicos em evidência na mídia, como buracos negros, energia escura, *big-bang*, entre outros, possam ser melhores discutidos no ensino regular, porém, ficam algumas indagações desses fenômenos, pois a maioria dos estudantes quase não tem contato com estes temas no ambiente escolar (GOMES, 2011).

Segundo Terrazzan (1994), é importante considerar a influência dos conteúdos de FMC para o entendimento do mundo atual, bem como a necessidade de se formar cidadãos inseridos e atuantes nesse mundo extremamente tecnológico. No mundo atual, o estudante encontra-se cercado de tecnologias, independentemente de sua situação financeira ou classe social. A introdução de conceitos mínimos tecnológicos passa a ser importante também para seu entendimento e reflexão no funcionamento destes aparatos.

Ostermann e Moreira (2000) defendem que existem algumas razões para que se inclua o Ensino de Física Moderna no ensino médio nas escolas secundárias. Essas razões partem do despertar da curiosidade dos alunos e o reconhecimento da Física como um empreendimento humano, até o ensino dos temas atuais de Física de maneira a contribuir para uma visão correta desta ciência, superando a visão linear do desenvolvimento científico, contidos nos livros didáticos, e até mesmo presente nas aulas de física.

A inserção dos conteúdos de Física Moderna e Contemporânea (FMC) deve ser realizada com cautela para que os próprios professores que ministram a disciplina tenham maior capacitação e entendimento, vencendo certas barreiras e receios ao abordarem este tema. Tal proposição da necessidade do envolvimento deste tema no ensino atual é descrita também nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) brasileiros:

Para o Ensino Médio meramente propedêutico atual, disciplinas científicas, como a Física, têm omitido os desenvolvimentos realizados durante o século XX e tratam de maneira enciclopédica e excessivamente dedutiva os conteúdos tradicionais (BRASIL, 1999, p. 209).

Contudo, baseado na necessidade da inserção e melhor entendimento da FMC, é preciso desenvolver:

[...] uma educação com o sentido que se deseja imprimir, só uma permanente revisão do que será tratado nas disciplinas garantirá atualização com o avanço do conhecimento científico e, em parte, com sua incorporação tecnológica (BRASIL, 1999, p.209).

Assim, a física deve ser vista como uma atividade científica de compreensão do mundo e a FMC deve ser entendida como um ramo desta ciência (GOMES, 2011).

No entanto, após um século do descobrimento da Física Moderna, o ensino deste conteúdo ainda é um obstáculo para escolas e professores de nível médio. Ao tratarmos

deste assunto de maneira diferente da convencional com a inclusão das TI's, ao invés de se preocupar apenas com a memorização e uso de fórmulas, esperamos que este trabalho venha contribuir para aumentar a motivação dos professores para discutir e ensinar FMC e, conseqüentemente, provocar maior interesse e aproveitamento dos alunos.

Neste contexto, o uso das TI's (associado à FMC) pode favorecer o entendimento de fenômenos de Física Moderna e Contemporânea (FMC), e ao mesmo tempo, a partir destes aparelhos tecnológicos (TI's) podem ser explicados conteúdos que devem facilitar a aprendizagem dos alunos. Assim, essa proposta deve auxiliar no suprimento das defasagens dos professores, em algum aspecto e, ainda, convencê-los da importância e da necessidade de se trabalhar FMC.

Espera-se que as TI's em conjunto com FMC possam proporcionar uma melhor formação aos professores, bem como, contribuir para uma mediação na prática docente, em sala de aula. Por causa da globalização, as pessoas estão tendo contato cada vez mais cedo com a inovação tecnológica, e o acesso a celulares, televisão digital, cinema 3D, computadores, entre outros, está muito mais facilitado. Entretanto, vale ressaltar, que o uso desses aparatos e simuladores não irá substituir as aulas expositivas, e nem os laboratórios tradicionais, eles simplesmente vão se agregar mais recursos aos processos de ensino aprendizagem. Assim, além da utilização desses recursos, o professor deve trazer fatores que ocorrem no cotidiano do aluno, que seja explicado pelo princípio da Física Moderna.

#### **2.4. A escolha do conteúdo: o efeito fotoelétrico**

Até meados do século XIX, acreditava-se que a utilização do modelo de Newton seria o único caminho para explicitar a fundamentação das ciências da natureza. A comunidade científica buscava a partir da mecânica newtoniana uma base de apoio para explicar os demais ramos da Física (CASSIRER, 1986).

Em 1820, Oersted revelou que o modelo de Newton não era suficiente para explicar os fenômenos de ciências observados experimentalmente. Oersted mostrou que um fio condutor percorrido por corrente elétrica é capaz de mover um ímã colocado em suas proximidades.

Tentando explicar os fenômenos eletromagnéticos, Weber, sugeriu que a eletricidade seria dotada de um certo grau de inércia, utilizando a concepção de ação a distância, (HERTZ, 1956). Outros cientistas, como Faraday e Maxwell, rejeitavam a idéia de ação a distância e proporam que estes fenômenos podiam ser explicados partir da polarização dielétrica. Utilizando ainda a mecânica newtoniana, Maxwell desenvolveu um modelo complexo sobre as interações eletromagnéticas encontrando um valor próximo do medido para a velocidade da luz (JANIK e TOULMIN, 1996).

Hertz, um dos pesquisadores do laboratório comandado Helmholtz, concordava que a teoria de Maxwell apresentava-se como a mais adequada para a previsão da propagação das ondas eletromagnéticas. Mesmo com “essa concordância”, Hertz apresentou uma alteração na teoria de Maxwell, reduzindo-a para apenas quatro equações. No final do século XIX, Hertz discutiu a incompatibilidade entre a mecânica tradicional e a interpretação dos fenômenos observados no eletromagnetismo (ABRANTES, 1992).

Ao longo do século XIX, inúmeras discussões foram destacadas pela comunidade científica com diferentes pontos de vista. Algumas ideias se destacaram na concepção dos fenômenos eletromagnéticos, como as proposições de ações à distância versus ações mediatizadas, conceito de causa e efeito versus conceito de função, hipóteses versus descrição matemática dos fenômenos, entre outras.

Dentre diferentes pontos de vista, ao final do século XIX e início do século XX as indagações eram frequentes. Nesta perspectiva, surgiram inúmeras dúvidas que ainda nos dias de hoje persistem. Como, por exemplo, explicar a evolução para aceitabilidade de uma nova ciência, que apenas com conceitos de mecânica newtoniana, não são suficientes para entender os fenômenos observados? Por essa questão, e outras aqui não relatadas, a escolha de um conteúdo de Física Moderna, como o Efeito Fotoelétrico, passa a ser um tema de interesse para compreensão e de destaque em nosso tema de pesquisa.

### ***Efeito Fotoelétrico***

Segundo a ideia de Hertz, a ciência deve ser melhor explicada utilizando uma pluralidade de representações que possibilite seu desenvolvimento (JANIK, 2002). No

final do século XIX, Hertz realizou experiências que confirmaram a teoria de Maxwell sobre a propagação da luz para o eletromagnetismo e a existência de ondas eletromagnéticas. Hertz observou que o Efeito Fotoelétrico consiste na liberação de elétrons pela superfície de um metal. O total de energia, devido à incidência de luz sobre esta superfície, é parcialmente transformado em energia dos elétrons que são excitados e expulsos para fora da superfície.

Na aplicação do experimento do Efeito Fotoelétrico são observadas contradições que não podem ser explicadas apenas com a teoria ondulatória clássica da luz. Alguns fenômenos de difícil interpretação são:

- i) O aumento da intensidade da luz, que implica no aumento da amplitude da onda incidente;
- ii) O Efeito Fotoelétrico deve ocorrer para qualquer frequência de luz, desde que esta seja intensa o suficiente para fornecer energia para ejeção dos elétrons;
- iii) Se a luz for suficientemente fraca deve existir um intervalo de tempo mensurável entre o instante que a luz começa a incidir sobre a superfície e o instante de ejeção do fotoelétron (EISBERG e RESNICK, 1979).

Entre estudos realizados neste período de grandes mudanças (final do século XIX e início do século XX), podemos destacar o trabalho de Planck, que propôs uma hipótese de quantificação. Para Planck, a energia de um átomo na absorção ou emissão de radiação só pode ser proporcional a múltiplos inteiros de frequência da onda, denominados por *quantum* de energia ou fótons (PORTO, 2011). Essa hipótese também foi proposta por Einstein em 1905, quando publicou seu trabalho sobre a natureza da luz. Einstein concentrou-se no caráter corpuscular com que a luz é emitida e absorvida e não no caráter ondulatório em que a luz se propaga (LAMEU, 2014).

Apesar de discutido em 1905, somente em 1921 o conceito deduzido por Einstein foi agraciado pelo Prêmio Nobel de Física, o que mostra a dificuldade da comunidade científica em aceitar as explicações para a nova ciência moderna que despertava aos olhos dos pesquisadores.

Nesta hipótese, descrita por Einstein, foi possível responder algumas questões contraditórias apontadas pela teoria clássica do Efeito Fotoelétrico. Com a intensidade de luz dobrada, é possível dobrar o número de fótons e, portanto, dobrar a corrente

fotoelétrica, que deve possibilitar a retirada de fotoelétrons da superfície (LAMEU, 2014). Nesse caso, para a retirada de fotoelétrons da superfície, a frequência incidente deve ser maior que a frequência mínima de corte para arrancar os fotoelétrons da superfície, independente da sua intensidade e haverá a emissão imediata do fotoelétron, quando pelo menos um fóton é absorvido por um átomo.

Em seu estudo, Einstein propôs que um fóton com frequência  $\nu$  seria absorvido ou emitido pela matéria apenas para alguns valores discretos de energia. Um fóton é uma partícula que possui momento e energia, mas não possui massa (EISBERG e RESNICK, 1979). Assim, considerando a conservação da energia em um sistema, a energia emitida pelo fóton é determinada pela diferença entre os níveis de energia  $E_{n+1} - E_n$  do oscilador e é dada por:

$$E_{n+1} - E_n = (n+1)h\nu - nh\nu = h\nu \quad (1)$$

$$\text{Considerando, } c = \lambda\nu \quad (2)$$

Assim, substituindo (2) em (1), temos:

$$E_{\text{fóton}} = E_{n+1} - E_n = \frac{hc}{\lambda} \quad (3)$$

onde  $h$  é a constante de Planck, cujo valor é  $6,63 \times 10^{-34}$  Js.

Em materiais metálicos os elétrons mais externos (menor energia de ligação com o núcleo) podem se mover mais facilmente de um átomo para outro. Quando ocorre a interação de um elétron com um fóton, com uma energia suficientemente alta para arrancá-lo, ele é expulso do metal. O elétron expulso, denominado fotoelétron, emergirá com uma energia cinética máxima (PORTO, 2011).

$$k_{\text{max}} = h\nu - \phi \quad (4)$$

Na expressão (4),  $\phi$  é a energia característica do metal denominada função trabalho, que é a energia mínima para um elétron atravessar a superfície do metal e escapar das forças atrativas que o mantêm preso ao metal. Um elétron só será liberado se a sua energia cinética for superior à função trabalho (EISBERG e RESNICK, 1979). Quando a energia cinética máxima do fotoelétron for nula, pela expressão (4), obtemos

o valor para a frequência de corte:  $\nu = \frac{\phi}{h}$ , que é a frequência limite mínima para ocorrência do efeito fotoelétrico.

A expressão proposta matematicamente por Einstein,  $k_{\max} = h\nu - \phi$  foi verificada experimentalmente por Robert Millikan que determinou a carga do elétron e considerava a teoria de Einstein uma afronta à teoria ondulatória da luz (PORTO, 2011).

Para exemplificar o conteúdo que será abordado neste trabalho, propomos uma questão com aplicação conceitual numérica. Considere uma lâmina de sódio iluminada com radiação de comprimento de onda de 300 nm. A função trabalho do sódio vale 2,28 eV. Determine para o sódio a frequência de corte e a energia total dos fótons incidentes.

A frequência de corte é dada por: 
$$\nu = \frac{\phi}{h} = \frac{2,28 \times 1,6 \times 10^{-19}}{6,63 \times 10^{-34}} = 5,5 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

A energia dos fótons, da equação (3): 
$$E_{\text{fóton}} = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6,63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{300 \times 10^{-9}} = 6,63 \times 10^{-19} \text{ J}$$

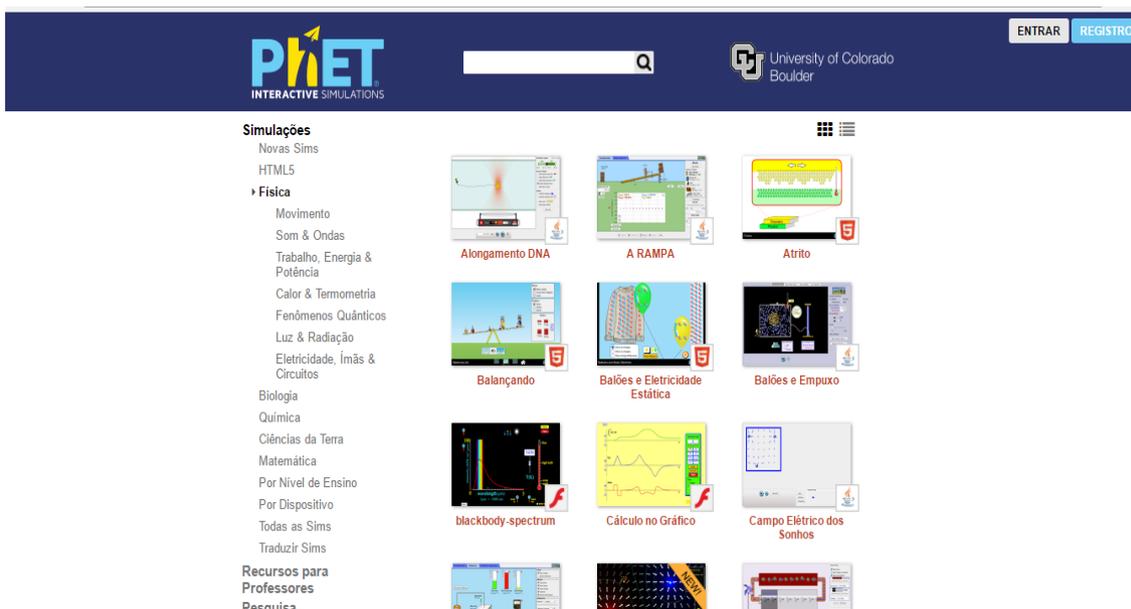
Nos dias atuais, temos várias aplicações tecnológicas resultante do conceito Efeito Fotoelétrico. Ao entardecer, as luzes dos postes de iluminação se acendem sozinhas, e ao amanhecer, se apagam sozinhas, como as portas automáticas em um shopping, que se abrem e fecham devido à aproximação das pessoas. Esse fenômeno pode ser explicado pelo Efeito Fotoelétrico, em que as luzes dos postes de iluminação pública são acionadas devido à ação de uma célula fotocondutiva composta de materiais tais como o sulfeto de cádmio. Quando ocorre a incidência de luz sobre a célula fotocondutiva, os elétrons livres não são extraídos, permanecem no material diminuindo sua resistência elétrica e aumentando sua condução. Esse tipo de material possui uma resistência elétrica muito alta para ambientes escuros, e em ambientes claros sua resistência é muito baixa, esses materiais constituem os chamados fotoresistores, também conhecidos como LDR (*light dependent resistor*). Os elétrons livres são responsáveis por criar uma corrente elétrica que passará em uma bobina, fazendo com que as lâmpadas se desliguem (LAMEU, 2014). Por meio desse fenômeno físico foi possível criar o cinema falado, a transmissão de imagens animadas (televisão), entre outros (PRASS, 2006).

Portanto, temos uma aplicação prática, ou melhor, a ação do Efeito Fotoelétrico acontecendo aos nossos olhos. Esses tipos de fenômenos se manifestam devido à emissão de elétrons quando certas substâncias são expostas à radiação eletromagnética. Esses fenômenos só podem ocorrer devido à existência da Mecânica Quântica. Dessa forma, temos a possibilidade de explorar temas atuais e contemporâneos, conectados com outras áreas do conhecimento, com conteúdo presente em nosso cotidiano.

Considerando a inclusão de novas tecnologias, baseado nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs), dentre os mais diversos conteúdos lecionados no ensino médio, a inclusão do tema de Física Moderna, com o conteúdo do Efeito Fotoelétrico, que é base do funcionamento de vários equipamentos do nosso cotidiano, passa a ser fundamental para nosso estudo (CARDOSO e ADRIANA, 2012). Nesse trabalho propomos associar o tema Efeito Fotoelétrico ao *software* da plataforma PhET, utilizando-o como auxílio na modelagem experimental do fenômeno observado.

## **2.5. Descrição da plataforma *PhET***

O simulador computacional escolhido para a realização da oficina na atividade virtual foi o Interactive Simulations (PHET, 2010), disponível no site do Physics Education Technology (PhET). Ele faz parte de um projeto de simulações da Universidade do Colorado, nos Estados Unidos, como projeto de um laboratório virtual para disciplinas como física, química e biologia. Há várias simulações nos mais diversos idiomas e podem ser acessados “on-line” na rede mundial de computadores (PhET) ou em JAVA quando salvo em computadores e acessados em “off-line”.



**Figura 1:** Imagem da página principal do site do PhET.

Podemos destacar alguns trabalhos que utilizaram a plataforma PhET para a simulação de alguns experimentos. A dissertação de Gomes (2011), intitulada “*O Uso de Simulações Computacionais do Efeito Fotoelétrico no Ensino Médio*”, discute o uso das tecnologias de informação e comunicação no Ensino de Física moderna para alunos do terceiro ano do Ensino Médio. A estratégia adotada contava com a utilização de modelagens computacionais criadas com o auxílio dos programas da plataforma PhET. Nessa pesquisa, Gomes escolheu escolas que possuíam laboratório de informática para poder concretizar suas atividades tanto na exposição do conteúdo escolhido, como na situação prática vivenciada pelo aluno. Ele procurou desenvolver a sua pesquisa fazendo-se uso do referencial teórico de David Ausubel. Gomes relata ter encontrado dificuldades na aceitação da proposta, pois a princípio procurou por duas escolas públicas e duas privadas, sendo a pesquisa desenvolvida somente na segunda escola privada.

A intervenção didática ocorreu em 4 encontros. No primeiro encontro, a intervenção didática foi iniciada com questionamentos com o intuito de diagnosticar o conhecimento prévio trazido pelo aluno, e posteriormente lhe foi apresentado o simulador. No segundo encontro, a turma foi levada para o laboratório de informática. A turma ficou dividida em grupos de duas pessoas por computador para utilização do simulador, seguindo o roteiro experimental. No terceiro encontro foi aplicado um

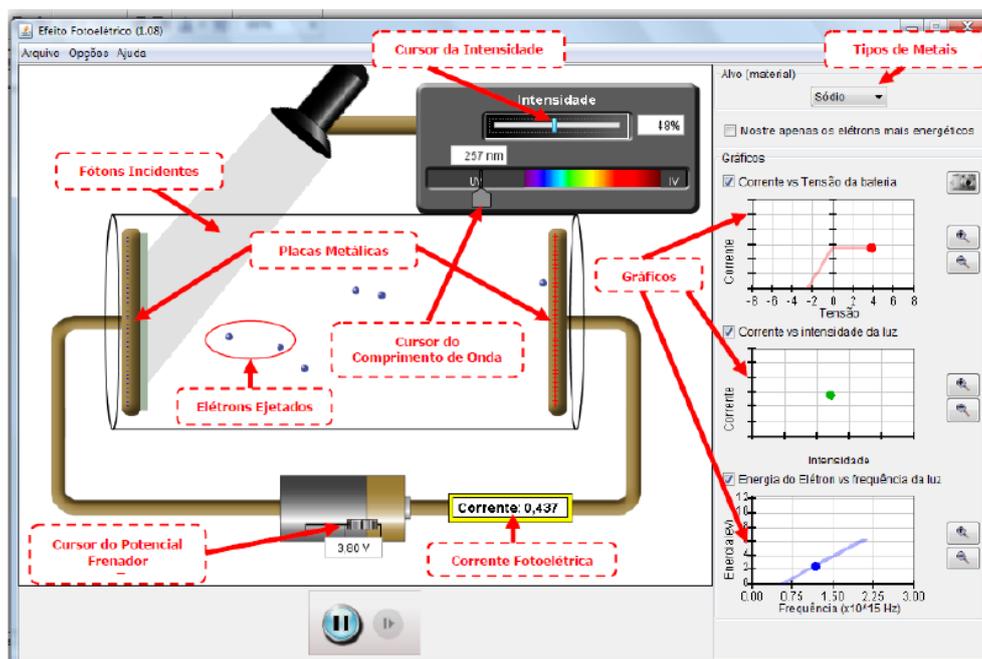
questionário com seis perguntas referentes à avaliação do trabalho proposto. De acordo com o pesquisador, de um modo em geral, a intervenção didática com o uso da simulação aumentou o rendimento das turmas. Visto que em outras avaliações em que a metodologia abordada se baseava apenas na exposição de conteúdos as notas obtidas foram inferiores em ambas as turmas. E por fim, no quarto encontro aplicou-se um novo questionário referente ao aprendizado sobre o efeito fotoelétrico.

O artigo de Cardoso e Dickman (2012), intitulado “*Simulação Computacional aliada à Teoria da Aprendizagem significativa: uma ferramenta para ensino e aprendizagem do Efeito Fotoelétrico*”, relata um processo de elaboração e aplicação de uma sequência de atividades que faz o uso de simulações computacionais para o ensino do efeito fotoelétrico, explorando os conhecimentos prévios dos alunos, e gradativamente, introduzindo novos conceitos. Essa sequência didática é composta pelas seguintes etapas: pré-teste; organizadores prévios; aplicação da simulação com o auxílio do roteiro experimental, organizador explicativo; teste final. Essas etapas são resultados da interpretação da Teoria de Aprendizagem Significativa de David Ausubel para a aquisição de conhecimento, dando prioridade a organização da estrutura de conceitos. Esperava-se que com a utilização de simulações computacionais ocorresse ganhos cognitivos ao aluno. Nas atividades foi utilizada a simulação do efeito fotoelétrico da plataforma PhET. A sequência didática foi aplicada em uma turma do 3º ano do ensino médio, de uma escola da rede particular de ensino. Analisando as respostas da avaliação final, os pesquisadores ressaltaram, que de modo geral, houve um maior entendimento dos alunos em relação aos conceitos relacionados ao fenômeno em estudo. Assim, apoiado em um grau de acerto por volta de 67% para grande parte das questões, pode-se concluir que a sequência didática elaborada, como sendo potencialmente significativa para o ensino do efeito fotoelétrico.

O artigo de Silva e Melo (2006), intitulado “*A Utilização da Simulação Força e Movimento da Plataforma PhET, como recurso didático no Processo de Ensino-Aprendizagem no Ensino Médio*”, pretende divulgar junto aos professores de Física do primeiro ano do ensino médio, os benefícios da utilização de recursos de aprendizagem fundamentados nas TI's. Os objetos desse trabalho foram as simulações computacionais da Plataforma PhET, que utilizam-se da linguagem Java, como recurso didático no

processo de ensino-aprendizagem. Segundo os autores, estas simulações apresentam-se como uma boa alternativa para o professor utilizar em substituição ao ensino tradicional. A metodologia envolveu a aplicação de uma sequência didática sobre o tema “Trabalho de uma força”. O pesquisador construiu dois questionários, um direcionado aos alunos e o outro aos professores de maneira a investigar as suas opiniões em relação ao conhecimento sobre este recurso, e posteriormente aplicou a simulação em uma turma do primeiro ano do Ensino Médio, com 29 alunos de uma escola pública de Teresina-PI. Observou que devido a familiaridade dos alunos com o computador, obteve-se um bom resultado, uma vez que os alunos mostraram entusiasmo com a metodologia diferente do modelo tradicional, onde se utiliza quadro, pincel e a comunicação oral do professor. Assim, a metodologia utilizada torna o processo de aprendizagem mais atrativo e construtivo.

A seguir apresentamos as variáveis que a simulação para o estudo do efeito fotoelétrico oferece.



**Figura 2:** Simulador do PhET utilizado na oficina sobre o efeito fotoelétrico

- **Placas de Metais:** a janela nos permite utilizar os seguintes tipos de placas de metais: sódio, zinco, cobre, platina, cálcio e magnésio.
- **Cursor da Intensidade da Luz:** permite o ajuste da intensidade da luz emitida pela fonte da radiação eletromagnética podendo ainda, analisar como números de fótons que incidem na placa metálica.

- **Fótons Incidentes:** reproduz o feixe de fótons e sua respectiva intensidade.
- **Cursor do comprimento de onda:** ajusta o valor do comprimento de onda incidente, e ainda faz uma referência à frequência das ondas eletromagnéticas que incidem na placa metálica.
- **Placas Metálicas:** são as placas de um certo material metálico a ser utilizado, podendo ser alterando entre as seis opções disponíveis para analisar o seu comportamento.
- **Elétrons ejetados:** são os elétrons arrancados das placas metálicas, em movimento, em decorrência do efeito fotoelétrico para tal incidência de um comprimento de onda.
- **Cursor do potencial frenador:** permite o ajuste dos valores do potencial da bateria, proporcionando a cada comprimento de onda incidente em uma determinada placa metálica, caso se tenha a ocorrência do efeito fotoelétrico.
- **Corrente fotoelétrica:** fornece o número de elétrons que circula o circuito elétrico, proporcionando a ocorrência do efeito fotoelétrico, causado pela incidência eletromagnética numa placa metálica.
- **Gráficos:** existem três tipos de gráficos que podem ser utilizados no simulador:
- **Corrente x Tensão na bateria:** mostra o comportamento do movimento dos elétrons ejetados em relação ao potencial da bateria, auxiliando na análise do potencial frenador.
- **Corrente x Intensidade:** mostra o comportamento da corrente fotoelétrica em relação à intensidade da onda eletromagnética incidente, auxiliando na análise do número de elétrons incidentes.
- **Energia do elétron x Frequência da luz:** mostra o comportamento da equação de Einstein para o efeito fotoelétrico, auxiliando na análise interpretativa da frequência de corte e na função trabalho do metal.

No próximo capítulo vamos apresentar o referencial teórico utilizado para discutir a utilização do *software* no processo de ensino, suas concepções para o modelo de aprendizagem quando aplicado a oficina pelos professores.

### **3. REFERENCIAL TEÓRICO**

A perspectiva educacional de Paulo Freire constitui-se como um referencial de natureza pedagógica, que permitiu reunir e incorporar elementos dialógicos à nossa análise e proposta (PORTO, 2011). Em seus estudos, fundados em sua prática pedagógica, situando o diálogo como um elemento constituinte e articulador de processos de conhecimento, que favorece uma abordagem dinâmica ao processo de ensino e aprendizagem (PORTO, 2011). Assim, acreditamos que o diálogo proposto por Paulo Freire, no processo de ensino e aprendizagem, nos propiciou trabalhar com conteúdos relacionados ao efeito fotoelétrico de modo a atribuir um maior significado a esse conhecimento científico.

#### **3.1. Paulo Freire e a Educação Transformadora**

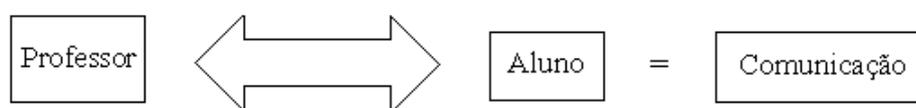
O caráter didático-pedagógico da obra de Paulo Freire é uma das maiores conquistas do conhecimento libertador na história da educação brasileira, sendo um dos maiores colaboradores para a educação mundial. A perspectiva educacional de Freire baseia-se num referencial de natureza pedagógica em que se reúnem elementos dialógicos, no qual ação e reflexão se solidarizam. Ou seja, a teoria e a prática não se separam, elas se tornam uma única unidade. Seus estudos, tendo como fundamento a prática pedagógica, colocam o diálogo como elemento constituinte e articulador do processo de conhecimento, o que permite uma abordagem diferenciada e inclusiva no processo de ensino-aprendizagem. (PORTO, 2011).

Ao longo de sua trajetória, Freire nos desafia a buscar os princípios fundamentais de uma educação que se denomina como prática libertadora, levando-nos a analisar sobre o que fazer e como fazer na constituição de uma educação que não reduz os sujeitos meramente à sua capacidade técnica, mas como homens na situação em que vivem.

Educar e educar-se, na prática da liberdade, é tarefa daqueles que sabem que pouco sabem – por isto que sabem algo e podem assim chegar a saber mais – em diálogo com aqueles que, quase sempre, pensam que nada sabem, para que estes que pouco sabem, possam igualmente saber mais (FREIRE, 2006, p.25).

Em uma relação pautada pelo diálogo, há a necessidade do educador considerar

o universo dos alunos. O diálogo deve ser fundamentado com problemas e questões que possam ser compartilhadas por todos, de forma que o educando esteja numa posição de agente, que será ouvido, propondo assim problemas e participando nas resoluções. Neste tipo de relação, o conhecimento a ser adquirido e o conhecimento prévio são fontes que fomentam questões relacionadas a um processo de comunicação e que os mesmos ficam caracterizados como mediadores do processo. A Figura 3 apresenta um esquema sobre a relação dinâmica entre os sujeitos e a dependência da comunicação no desenvolvimento da aprendizagem.



**Figura 3:** Dinâmica professor-aluno.

**Fonte:** PORTO (2011, p.51)

Assim, a pedagogia de Freire apresenta o diálogo como um elemento central que condiciona a validade do conhecimento e as condições para que o mesmo ocorra, estabelecendo uma relação entre professor e aluno, com situações vividas em seus cotidianos. Neste caso, as ideias de Freire servem como orientação para o processo de formação docente, no que se refere à reflexão crítica da prática pedagógica que implica ao professor saber dialogar e escutar com respeito pelo saber do educando. O caráter contemplativo da teoria de Paulo Freire garante a inserção do homem na realidade.

De teoria, na verdade, precisamos nós. De teoria que implica uma inserção na realidade, num contato analítico com o existente, para comprová-lo, para vivê-lo e vivê-lo plenamente, praticamente. Neste sentido é que teorizar é contemplar. Não no sentido distorcido que lhe damos, de oposição à realidade [...] (FREIRE, 1979, p.93).

Esse tipo de ensino pode ser realizado de diversas maneiras, em diferentes contextos: dialogando com os alunos, trocando experiências vividas, e assim proporcionando ao educando a capacidade de aprender, comunicando-se com ele.

Neste contexto, a teoria de Freire não será identificada se não houver um caráter

transformador que reflita sua vivência pessoal em uma realidade contrastante, que cada coisa exige a existência do seu contrário, influenciando intensamente em todas suas ideias. A articulação entre teoria e prática aparece de forma dialética. A ação-reflexão-ação deve estar presente durante o processo desenvolvido, dando ênfase ao método de conscientização, fundamentando a ação do educador no sentido de apropriar-se do caráter crítico sobre ele (PORTO, 2011).

A apropriação da teoria freiriana no ensino de ciências tem início com Delizoicov e Angiotti (1982). Durante a realização de um projeto de ensino de ciências em Guiné-Bissau, eles desenvolveram uma dinâmica para a abordagem de temas preestabelecidos em sala de aula. Essa dinâmica baseou-se nas ideias de Paulo Freire, e hoje é conhecida como os "Três Momentos Pedagógicos" (3MP's) (MARENGÃO, 2012). Essa abordagem metodológica também é encontrada no livro para a disciplina de Física, que compõe esta coleção (DELIZOICOV e ANGOTTI, 1994).

Segundo Ferrari (2008), com o uso dos 3MP's, a abordagem dos problemas como geradores da necessidade de buscar novos conhecimentos pode ser utilizada nas escolas onde o currículo e o programa de ensino se encontram pré-estabelecidos. Os 3MP's:

[...] foram originalmente propostos como desdobramento da educação problematizadora aplicada à construção de um currículo de educação científica. Atualmente é utilizada na introdução de tópicos de Ciências já considerados significativos para os estudantes, independentemente de ter sido realizada a investigação temática nos moldes propostos por Freire [...]. (Ferrari, 2008, apud Marengão, 2012, p 28).

A abordagem temática, proposta por Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002) indica um conjunto de procedimentos que promovem uma organização curricular na qual as disciplinas escolares voltam-se à resolução de problemas específicos, inspiradas em concepções freireanas. Nessa perspectiva, os autores consideram fundamental conhecer os sujeitos envolvidos nos processos de ensino-aprendizagem e reconhecer o papel do professor e suas atribuições numa reflexão sobre esses sujeitos.

Considerando as concepções freireanas, a preocupação central é com o sujeito e o conhecimento por ele aprendido, sua conscientização são elementos chaves na reflexão. Isso remete à necessidade de garantir oportunidades para construção de significados e interpretações aos temas no processo didático, para que as

problematizações ganhem espaço no diálogo. Assim, procuramos incorporar situações vivenciadas, ou seja situações corriqueiras que estão relacionados, de algum modo, com aplicações do Efeito Fotoelétrico.

Segundo Delizoicov e Angotti (1988), a dinâmica dos 3MP's pode ser dividida em três ações, como o nome sugere e que se se caracterizam por:

**Problematização Inicial:** Neste primeiro momento, o professor apresenta aos alunos questões e/ou situações as quais eles conhecem ou vivenciem, mas não dispõem de conhecimentos científicos suficientes, para que possam interpretá-las de forma adequada. Os alunos devem ser questionados, para que possam expor seus conhecimentos prévios sobre a questão e/ou situação problema. A partir destas situações reais, o professor deve questionar os alunos, instigando-os de maneira constante. Tem-se como objetivo a problematização inicial na concepção freiriana, a preparação do conceito científico que será abordado posteriormente. Assim, pretende-se mostrar ao aluno, a necessidade de outros conhecimentos para que ocorra a compreensão do problema.

**Organização do Conhecimento:** Nesse segundo momento, por meio da orientação do professor, se faz necessária a compreensão da Problematização Inicial, que é estudado de forma sistemática com a orientação do professor. Serão desenvolvidas definições, conceitos e relações. O conteúdo é programado e preparado para que o aluno aprenda de forma a, de um lado, perceber a existência de outras visões e explicações para as situações e os fenômenos problematizados, e, de outro, comparar esse conhecimento ao seu, para utilizá-lo para melhor interpretar aqueles fenômenos e situações. Neste momento, o professor pode utilizar várias técnicas, como: vídeos, textos didáticos, simulações, atividades experimentais, entre outros.

**Aplicação do Conhecimento:** Neste terceiro momento, tem-se o intuito de abordar de maneira sistemática, o conhecimento que vem sendo apresentado pelo professor e colegas, e incorporado pelo aluno, para analisar e interpretar tanto a questão e/ou situações iniciais ou outras que inicialmente não faziam parte ou não estavam ligadas ao problema inicial. Entretanto, pode ser explicado ou compreendido pelo mesmo conhecimento.

Assim, os três momentos pedagógicos estão relacionados com a nossa pesquisa, para que possamos trazer o conteúdo em questão, com o cotidiano do aluno, uma vez que simplesmente apresentar um texto introdutório sobre o assunto, sem que o aluno possa relacionar com o seu cotidiano, seria apenas uma mera reprodução do conteúdo. Assim, há a necessidade de mostrar aos professores, participantes da oficina proposta neste trabalho, à importância de se relacionar as situações vivenciadas pelo aluno no que se refere ao Efeito Fotoelétrico.

Na aplicação em sala de aula, ficaram evidentes que os 3 MP's propostos por Delizoicov e Angotti (1998) estavam presentes durante a intervenção pedagógica. Os professores procuraram relacionar situações vivenciadas dos alunos, com o estudo do fenômeno, levantando alguns questionamentos. Como por exemplo, como ocorre o funcionamento da iluminação pública, como funcionam os circuitos de segurança e os controles remotos.

Na organização do conhecimento, fase denominada de 2º Momento por Delizoicov e Angotti (1998), os professores fizeram uso dos exercícios propostos do livro-texto, de modo que os alunos ficassem familiarizados com as expressões algébricas. Na aplicação do conhecimento, que constitui o 3º Momento, os alunos fizeram o uso do simulador, observando o acontecimento do fenômeno. Pudemos notar que pela sequência didática proposta pelos 3 MP's facilitou a introdução do conteúdo, a familiarização com as expressões algébricas e a utilização do simulador.

Assim, pudemos observar, de modo sucinto a aplicação dos 3MP's em sala de aula.

### **3.2. O tema gerador no ensino: Efeito Fotoelétrico**

Baseado na relação professor-aluno, nosso trabalho visa relacionar aplicações tecnológicas com o cotidiano dos alunos, de modo a tornar a relação ensino-aprendizagem mais atrativa, tanto para os alunos, quanto para os professores. Há várias situações vivenciadas no cotidiano que são apenas explicadas com o estudo da Física Moderna. Não conseguimos explicar apenas com a Mecânica Newtoniana o funcionamento de certos aparatos tecnológicos, como por exemplo: a eletrônica existente em computadores, telefones celulares, aparelhos de *biofeedback*, dotados da

capacidade de análise e de tratamentos do organismo, sendo que, alguns destes aparelhos apenas realizam análise. Existem vários aparelhos com estas características, tendo todos eles em comum o fato de utilizarem como base de funcionamento os conhecimentos da Física ou Mecânica Quântica. Logo, dentre estas relações, porque não tratarmos de uma ciência que faz parte do cotidiano e relacionando-a ao avanço tecnológico?

Este tipo de ensino pode ser aplicado dialogando com os alunos, trocando ideias e experiências, de maneira a proporcionar a aprendizagem. Portanto, podemos discutir o funcionamento de vários equipamentos que têm como base o efeito fotoelétrico e outros fenômenos relacionados. Dentre estes, podemos destacar do ponto de vista tecnológico, algumas aplicações que estão relacionadas com o nosso cotidiano, como os visores noturnos (sensíveis à radiação infravermelha) e os fotômetros (dispositivos para aberturas de portas).

Nesta perspectiva, o Efeito Fotoelétrico passa a ser o tema gerador do fenômeno em discussão, o que pode levar ao aluno a pensar e refletir sobre suas aplicações no cotidiano.. Essa discussão deve facilitar o entendimento sobre o funcionamento de certos aparatos tecnológicos.

Por exemplo, o efeito fotoelétrico foi responsável pela criação do cinema falado, bem como, a transmissão de imagens animadas na televisão. A utilização de aparelhos fotoelétricos permitiu a construção de máquinas capazes de produzir peças sem a necessidade da intervenção do homem. O uso destes aparelhos também possibilita a prevenção de acidentes. No uso em indústrias, a aplicação de uma célula fotoelétrica pode parar, em pouquíssimo tempo, uma prensa potente de grande porte, caso um operário tenha colocado o braço em perigo.

Outras aplicações, presentes em nosso dia-a-dia, vão desde um passeio pelas ruas, onde ao entardecer as lâmpadas de iluminação pública se acendem automaticamente, e ao amanhecer se apagam, até um passeio a um *shopping*, onde suas portas se abrem automaticamente quando há aproximação de pessoas, ou até a aproximação de uma loja, onde uma campainha se ativa quando um cliente passa pela porta, avisando sua chegada. Assim, devido à grande utilização destes conceitos no

cotidiano e a pouca abordagem no ensino médio são fatores que nos levam a melhor discutir essa aplicação ao longo deste trabalho. Sendo assim, este tema foi escolhido pelo pesquisador, uma vez que é um tema pouco abordado no ensino médio.

## **4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

### **4.1. Contexto da pesquisa**

Este trabalho se caracteriza como uma pesquisa participante, envolvendo uma abordagem qualitativa. A pesquisa participante tem como uma das metodologias analisar dados qualitativos, a partir da análise de conteúdo (MORAES, 1999).

A intervenção foi realizada em três escolas da rede estadual de educação do ensino médio de cidades do interior de Minas Gerais, entre os meses de Setembro e Outubro de 2015, procurando abranger um maior número de professores de Física. Foi aplicado um questionário para verificar a formação acadêmica dos professores, uma vez que, existem professores de outras áreas que lecionam Física. Neste questionário, foram investigados os recursos didáticos utilizados, bem como o grau de conhecimento dos professores sobre o tema abordado.

Inicialmente, tivemos um contato com a direção das escolas para que pudessemos obter autorização, para a realização da pesquisa; e posteriormente encontramos com os professores, para apresentarmos o nosso projeto com o intuito de que eles pudessem se familiarizar com o conteúdo e o propósito da pesquisa. O momento inicial de apresentação do programa de simulações aos professores aconteceu nas dependências das escolas em horário de módulo II, que é uma carga horária que o professor tem que cumprir na escola. Cada professor foi atendido individualmente, em horário disponibilizado por ele. Posteriormente, esses professores, acompanhados pelo pesquisador, desenvolveram as atividades propostas por um roteiro experimental em uma das suas turmas. Após essa aplicação, os professores foram entrevistados e responderam questionários para avaliação dessa experiência de formação.

### **4.2. Participantes**

O estudo foi realizado em Escolas Estaduais do Estado de Minas Gerais que foram identificadas por nomes fictícios: Escola Estadual Monteiro Lobato, localizada no município de Viçosa/MG, Escola Estadual José de Alencar, localizada no município de Viçosa/MG e Escola Estadual Machado de Assis, localizada no município de Pedra Anta/MG. A escolha se deu na tentativa de abranger um maior número de professores que leciona Física, chegando ao número de três participantes, dois sujeitos do sexo

masculino e um sujeito do sexo feminino. Outros professores foram convidados e apesar de achar o tema e a proposta interessante não quiseram participar da pesquisa alegando vários motivos, entre eles: a extensão do conteúdo a ser lecionado, o número reduzido de aulas de física no ensino médio, a não exigência desse conteúdo do Exame do Ensino Médio etc.

Os professores das Escolas Estaduais Monteiro Lobato e Machado de Assis, formaram-se em Licenciatura em Física pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), em julho de 2011. Mas, ambos lecionam no estado desde 2006. A professora da Escola Estadual José de Alencar formou-se em matemática pela Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras (FaFi/BH), no ano de 1982 e trabalhou na Secretaria Estadual de Educação. Atualmente leciona Física em uma escola pública de Viçosa/MG.

Em relação ao tema proposto, o efeito fotoelétrico, os professores ainda não tinham trabalhado esse conteúdo no ensino médio, mesmo os que tinham formação específica. A professora da Escola José de Alencar trabalhou temas do Conteúdo Básico Comum (CBC), utilizando alguns experimentos. Entretanto, ainda não havia trabalhado com o tema Efeito Fotoelétrico e muito menos conhecia a plataforma PhET. Já os professores das Escolas Estaduais Monteiro Lobato e Machado de Assis, apesar de ter conhecimento sobre os sites de simulações computacionais, ainda não haviam utilizado esses recursos para abordar temas do CBC.

#### **4.3. Instrumentos de Pesquisa**

- Questionário (ANEXO III);
- Caderno de campo com anotações feitas durante as etapas da oficina desenvolvida com o auxílio da plataforma PhET;
- Entrevista semi estruturada com os professores (ANEXO IV).

#### **4.4. A Pesquisa**

Após a aprovação do projeto junto ao Comitê de Ética da Universidade Federal de Ouro Preto, com o consentimento da Superintendência Regional de Ensino (SRE) de Ponte Nova/MG, concordância da direção das escolas e o consentimento dos professores, foram feitas conversas com os docentes com o objetivo de apresentar a

proposta de trabalho. Posteriormente, foram realizados encontros com professores nas escolas envolvidas para desenvolvimento da proposta de oficina e coleta de informações. Com relação à oficina foram realizados 3 encontros que serão descritos a seguir. Cada encontro foi realizado de maneira independente, mas optou-se por uma apresentação geral, pois eles tiveram eventos muito similares.

### **1º Encontro:**

No primeiro encontro, realizado nas dependências das escolas, foi apresentado aos professores a plataforma PhET, mostrando algumas das simulações disponíveis e que estavam relacionadas aos conteúdos da Física Clássica e Moderna. Após, essa exibição inicial, o trabalho consistiu na apresentação da simulação sobre o Efeito Fotoelétrico, mostrando como se fazia para iniciar o programa e para realizar as possíveis demonstrações associados ao fenômeno que seria estudado.

Foram mostrados os diferentes parâmetros que poderiam ser variados quando se utiliza o simulador. Entre eles destacam-se desde: a) os materiais que poderiam constituir as placas metálicas; b) os diferentes valores que se pode atribuir ao potencial frenador; c) os diferentes valores da corrente fotoelétrica poderia assumir; d) a variação nas intensidades dos fótons incidentes; e) os valores para comprimento de onda. A alteração desses parâmetros no simulador permite estudar a influência de cada um na ocorrência do efeito fotoelétrico.

Após, essa primeira abordagem geral, os professores foram convidados para a utilização do simulador com o uso do Roteiro Experimental que foi desenvolvido pelo pesquisador anteriormente (Anexo IV). Esse roteiro contém um texto introdutório sobre o efeito fotoelétrico, uma descrição dos elementos da interface do simulador da Plataforma PhET e exercícios que exigem a manipulação do programa. Os professores do ensino médio passaram a seguir os passos descritos no roteiro.

Assim, seguindo o material fornecido, os professores secundaristas manipularam o programa. Os parâmetros iniciais do programa era os seguintes: o comprimento de onda 350 nanômetros e o potencial frenador no valor de 0 Volts. A primeira manipulação consistiu na variação das intensidades dos fótons incidentes de 20% em 20%, até atingir 100%. A segunda manipulação foi feita mantendo-se o comprimento de

350 nanômetros e o potencial frenador mudou para o valor de 2 Volts e repetiu-se a variação das intensidades dos fótons incidentes. Por último, modificou-se o comprimento de onda para 450 nanômetros e tanto para 0 volts quanto para 2 volts foram feitos testes variando a intensidade dos fótons incidentes. Todos os dados precisam ser registrados para posterior discussão.

## **2º Encontro:**

Nesse encontro foi aplicada a proposta da simulação experimental do Efeito Fotoelétrico aos alunos do ensino médio. O pesquisador compareceu a essa atividade para dar suporte aos professores e aos estudantes. A intervenção didática teve a organização estruturada na dinâmica dos três momentos pedagógicos (DELIZOICOV e ANGOTTI, 1988) e em cada escola foi dedicada três aulas para essas atividades.

### ***a) Problematização Inicial (Motivação)***

Para a problematização inicial do conteúdo foram utilizados os seguintes questionamentos: a) Estamos fazendo uso de controles remotos, circuitos de segurança, sistema do funcionamento das lâmpadas de iluminação pública. Vocês têm noção do funcionamento destes aparelhos? b) Você já ouviu falar sobre o efeito fotoelétrico, bem como as consequências da sua descoberta? Ao fim da problematização inicial, vale ressaltar que pouco os alunos do ensino médio mencionaram que já tinham ouvido falar do efeito fotoelétrico. Entretanto, não faziam a mínima ideia das aplicações e consequências da sua descoberta.

Após os questionamentos iniciais, os professores apresentaram um texto introdutório sobre o Efeito Fotoelétrico. Esse texto traz informações históricas e conceituais sobre o fenômeno estudado e também sobre como este está incorporado em aparelhos tecnológicos que fazem parte do cotidiano de todos.

Esse primeiro momento foi contemplado com uma aula em cada escola.

### ***b) Organização do Conhecimento***

No início de outra aula, os professores relembrou e apresentaram aos alunos os conceitos de energia, frequência, potencial de corte e função trabalho. Nessa etapa, os alunos foram induzidos a resolverem os exercícios propostos no livro-texto, com o

intuito de se familiarizar com as novas definições e equações. Inicialmente os professores começaram ressaltando a unificação da eletricidade e do magnetismo através das equações de Maxwell. Com essas equações tornou-se possível o estudo de ondas denominadas ondas eletromagnéticas. A existência dessas ondas foi verificada experimentalmente por Heinrich Hertz (1887), fornecendo, assim a validade para a existência de tais ondas. Dois anos após essa descoberta, J. J. Thomson postulou que o efeito fotoelétrico consistia na emissão de elétrons. No ano de 1900, Max Planck postulou a quantização da energia, para explicar o espectro de radiação de corpo negro (conhecido como catástrofe do ultravioleta). Utilizando-se dessa ideia, no ano de 1905, Albert Einstein, postulou que um fóton (os quanta da radiação eletromagnética) só poderia ser emitido para determinados níveis de energia. Ou seja, Einstein postulou a quantização da energia para explicar o Efeito Fotoelétrico por meio da Teoria Quântica. Nascia assim uma das mais famosas expressões da Física Quântica  $E = hv$ .

### **c) Aplicação do Conhecimento**

Na última aula, houve a utilização do *software* da plataforma PhET, seguindo o roteiro proposto (ANEXO IV) e que já havia sido executado pelos professores anteriormente. Para tanto, em duas escolas, Escola Estadual Monteiro Lobato e Escola Estadual José de Alencar, os alunos foram encaminhados ao laboratório de informática da escola. Na Escola Estadual Machado de Assis, os alunos tiveram acesso ao programa por meio de outra TIC denominada Projetor Multimídia Portátil, que propicia a exibição do *software* em uma projeção de tela.

Portanto, nas escolas em que os alunos foram para o laboratório, eles foram divididos em duplas e cada uma ficou com um computador em que constava o simulador computacional do efeito fotoelétrico. Para o uso do simulador foi pedido que cada dupla seguisse o roteiro experimental disponibilizado.

Vale ressaltar que com as duas questões discursivas, com o auxílio da simulação computacional, esperava-se observar se os alunos foram capazes de perceber a relação existente entre os conceitos de comprimento de onda e intensidade de luz e entre o potencial frenador e os elétrons ejetados. E com as questões matemáticas, pretendia-se observar a habilidade matemática dos alunos na resolução de exercícios envolvendo

cálculos envolvendo equações do Efeito Fotoelétrico.

### **3º Encontro:**

O terceiro encontro teve como objetivo realizar a entrevista e aplicação do questionário aos professores. O objetivo deste encontro foi obter informações dos professores sobre a utilização das tecnologias de informação (TI's) como instrumento de auxílio nas aulas de Física, bem como sobre o seu conhecimento sobre os fenômenos e conceitos de Física investigados durante a oficina.

### **4.5. Coleta de Dados**

Os dados analisados nessa pesquisa foram obtidos a partir do preenchimento do questionário pelos professores (Anexo III), por meio de anotações realizadas durante a aplicação das atividades em salas de aulas e de entrevistas semiestruturadas (Anexo IV). Os dados foram analisados e seus resultados indicaram o conhecimento dos professores sobre as novas tecnologias e suas aplicações, levando em consideração a particularidade de cada um sobre o assunto. Entretanto, caso o professor não tenha conhecimento suficiente sobre o tema, pode acarretar problemas na utilização da simulação computacional. Assim, quando houve a necessidade do auxílio, o pesquisador se fez presente, para sanar dúvidas referentes à utilização das mesmas.

Após, a realização da primeira etapa da oficina com os professores, e com a aplicação do roteiro experimental pelo professor e com a presença do pesquisador nas aulas de física, pôde-se fazer alguns registros por meio de um caderno de campo. Assim com o auxílio do questionário (Anexo III), e das entrevistas semiestruturadas (Anexo IV), foi possível obter alguns dados referentes à realização e aplicação da oficina.

Para analisar o questionário (Anexo III) e a entrevista semiestruturada pelos professores (Anexo IV), utilizamos um método que pode ser aplicado tanto, em pesquisa quantitativa, quanto na investigação qualitativa. Este método denominado como análise de conteúdo possui um papel de grande relevância em pesquisas relacionadas com educação, uma vez que, nelas é muito comum a necessidade de interpretação de materiais textuais, como por exemplo, documentos oficiais, reportagens, relatórios, transcrições de entrevista e respostas de questionários. Através da análise de conteúdo, podem-se estudar as “*comunicações*” entre os homens com

ênfase no conteúdo “*das mensagens*” (TRIVINOS, 2008, p.160).

#### **4.6. Procedimento na Análise de Dados**

A análise de dados ocorreu em duas etapas. Numa primeira etapa analisamos os questionários respondidos pelos professores (Anexo III) e as entrevistas (Anexo IV) (3º encontro). Foram utilizados estes dados para realizar a análise de conteúdo destas comunicações, visando estudar o nível de entendimento dos investigados na oficina. Em uma segunda etapa, analisamos as observações e as falas dos alunos durante a intervenção didática.

O desenvolvimento destas atividades possibilitou a resolução de problemas de pesquisa observados no Ensino de Física. Com o uso de novas metodologias e com a inclusão do tema de Física Moderna, possibilitou-se uma melhor formação ao aluno e ao mesmo tempo trouxe ferramentas alternativas em sala de aula aos professores do ensino básico.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir nessa seção mostraremos uma análise referente ao nosso estudo. Ou seja, mostraremos os resultados obtidos com a aplicação da oficina e faremos uma análise sobre esses dados, utilizando para isto a análise de conteúdo (BARDIN, 2011). Analisaremos as situações ocorridas em duas escolas públicas que participaram da pesquisa.

### 5.1. Aplicação da Oficina nas Escolas

#### *Escola Estadual Monteiro Lobato*

Na Escola Monteiro Lobato, a aplicação aconteceu na sala de aula no primeiro momento. Para iniciar a atividade o professor fez as indagações sugeridas para a problematização inicial, as questões que falam sobre o funcionamento do sistema de iluminação pública, das portas automáticas e das esteiras de supermercado. A partir das respostas dos alunos, ele comentou sobre o funcionamento do sistema de iluminação pública. Os alunos participaram desse momento dialogado e podemos destacar algumas respostas.

Algumas atribuem a uma ação humana direta sobre o funcionamento. Essas respostas podem ser categorizadas como àquelas que se remetem à uma programação humana (PH):

*“Existe uma pessoa na central responsável por isso” (Aluno 16, Escola Monteiro Lobato).*

*“Para mim, há várias pessoas que fazem isto. Sendo cada um responsável por um bairro da cidade” (Aluno 11, Escola Monteiro Lobato).*

*“Eu, acho que tem uma pessoa responsável por fazer isso no seu horário de trabalho.” (Aluno 20, Escola Monteiro Lobato).*

Essas respostas evidenciam que esses alunos desconhecem a possibilidade de processos tecnológicos automáticos que podem gerar uma ação. Outro grupo de respostas atribui essa ação a um programa de computador ou outro dispositivo

eletrônico.

*“A luz do poste acende através da programação de um computador. É tipo, o que ocorre no despertador” (Aluno 4, Escola Monteiro Lobato).*

*“Há um dispositivo eletrônico que diferencia o que é dia e o que é noite” (Aluno 5, Escola Monteiro Lobato).*

*“É através de uma programação, igual quando programamos a televisão para desligar” (Aluno 13, Escola Monteiro Lobato).*

*“Eu acho, que existe um programa que faz a luz acender quando escurece, e quando amanhece faz com que ela se apaga” (Aluno 15, Escola Monteiro Lobato).*

Podemos, por esses resultados, presumir que os alunos, sujeitos dessa intervenção não tem conhecimentos sobre como o efeito fotoelétrico propicia o acionamento desses equipamentos. A partir dessa constatação, o professor inicia a sua explicação evidenciando como vários dos equipamentos que utilizamos ou vemos no nosso dia a dia estão relacionados ao efeito fotoelétrico. Após essas colocações percebemos que os alunos despertaram o interesse pelo conteúdo a ser abordado. Esses estudantes passaram a questionar se haveria mais aplicações desse fenômeno em outros artefatos tecnológicos. Observa-se, portanto, uma leve evidência de que a problematização inicial gerou um engajamento de parte da turma com atividade.

Em um segundo momento, o que caracteriza a etapa de organização do conhecimento, em outro dia na sala de aula, o professor começou a introduzir o conceito do Efeito Fotoelétrico. Ele abordou a história da descoberta e falou sobre os experimentos que comprovaram a existência de ondas eletromagnéticas. Ele explanou sobre a teoria de James Clerk Maxwell até a sua explicação pela Teoria Quântica de Albert Einstein. Também apresentou as equações referentes ao fenômeno.

Neste momento o professor utilizou-se dos exercícios do livro-texto, para que os alunos se familiarizassem com as equações que descrevem o fenômeno em questão. Podemos observar que com as equações presentes com relação ao fenômeno, a maioria

dos alunos encontrou dificuldades para a resolução de exercícios que envolviam cálculo de potência de dez. Vejamos algumas das falas que podem demonstrar como os alunos estavam envolvidos com as atividades propostas

*“Professor, quando eu passo a potência para cima, o expoente muda ou mantém o sinal?” (Aluno 6, Escola Monteiro Lobato).*

*“Professor, na divisão como que faço para dividir o número pela potência de dez?” (Aluno 13, Escola Monteiro Lobato).*

*“Professor, eu tenho que multiplicar o dez da potência pela frequência?” (Aluno 2, Escola Monteiro Lobato).*

*“Professor na hora de fazer as conta, eu faço primeiro com os números normais, e depois com os da potência de 10?” (Aluno 23, Escola Monteiro Lobato).*

Observa-se nessas falas que para realizar as estimativas foi necessária a intervenção do professor dando o suporte para que os alunos conseguissem resolver os problemas que se remetiam ao cálculo da energia cinética dos fótons.

Na etapa de aplicação do conhecimento, o terceiro e último momento, na sala de informática, o professor iniciou a sua aula comentando aos alunos, que eles hoje fariam o uso de um programa de simulação sobre o Efeito Fotoelétrico. Posteriormente, o professor entregou o roteiro da atividade experimental, para que os discentes iniciassem o uso do *software* seguindo as orientações presente nesse documento. Ele pediu para que os alunos, seguissem rigorosamente o que estava descrito no roteiro. Pode-se verificar que alguns alunos tiveram dificuldades em utilizar o programa. Mas, após a intervenção do docente em certos casos observou-se que a aula seguiu a sua normalidade. Podemos destacar que as questões discursivas do roteiro da atividade experimental com o uso do simulador, em sua totalidade foi respondida corretamente. Destacamos algumas falas dos alunos.

Na questão (i) que questiona sobre as diferenças entre as intensidades da luz para o mesmo comprimento de onda e que exigia que os alunos mudassem esses parâmetros no simulador, podemos observar os seguintes turnos de fala:

*“Vi que quando se aumentava a intensidade da luz para um mesmo comprimento de onda, o valor da corrente também aumentava” (Aluno 14, Escola Monteiro Lobato).*

*“Quando se aumenta a intensidade da luz, aumenta o número de fótons emitidos” (Aluno 10, Escola Monteiro Lobato).*

De acordo com as respostas dos alunos, observamos que eles interpretaram de maneira correta como estes fatores se relacionam na ocorrência do fenômeno.

Na questão (ii) que questiona sobre as diferenças entre os comprimentos de onda para a mesma intensidade e que exigia que os alunos modificassem esses parâmetros no simulador, podemos os seguintes trechos de fala:

*“Vi que quando passamos o comprimento de onda de 350 nm para 450 nm, diminui o número de fótons” (Aluno 22, Escola Monteiro Lobato).*

*“Notei que quando aumentamos o valor do comprimento de onda, há uma diminuição no valor da corrente elétrica” (Aluno 15, Escola Monteiro Lobato).*

Neste caso, podemos concluir que a utilização do simulador ajudou na compreensão dos parâmetros que influenciam o fenômeno.

### ***Escola Estadual José de Alencar***

Na Escola Estadual José de Alencar, a aplicação aconteceu no primeiro momento na sala de aula. Para iniciar a atividade a professora fez as indagações de problematização inicial, as questões que mencionam sobre o funcionamento do sistema de iluminação pública, das portas automáticas e das esteiras de supermercado. A partir das respostas dos alunos, ele comentou sobre o funcionamento das esteiras do supermercados e das portas automáticas. Os alunos participaram desde momento dialogando, e podemos destacar algumas das respostas.

*“Estas esteiras funcionam com um sensor que identifica a presença do objeto” (Aluno 28, Escola José de Alencar).*

*“Há mecanismo que identifica a sua presença sobre a esteira”  
(Aluno 2, Escola José de Alencar).*

*“Eu acho que deve ter um dispositivo que é acionado devido à presença de algo sobre ele” (Aluno 4, Escola José de Alencar).*

*“Deve ter algum mecanismo para identificar, que alguém colocou um objeto sobre a esteira. Agora, não se ele funciona porque está sentindo peso do objeto” (Aluno 31, Escola José de Alencar).*

*“Professora, o funcionamento das portas automáticas, para mim é igual à da esteira, tem um sensor para identificar a presença de alguém ou alguma coisa” (Aluno 14, Escola José de Alencar).*

*“Eu também acho que existe, algum aparelho que pode sentir a aproximação das pessoas fazendo-se com que as portas se abram” (Aluno 27, Escola José de Alencar).*

Essas respostas evidenciam que esses alunos atribuí o funcionamento das esteiras de supermercados e das portas automáticas à um dispositivo eletrônico. Por meio desses resultados, ressaltamos que os alunos, sujeitos dessa intervenção, não possuem conhecimentos sobre como a ação do efeito fotoelétrico implica no funcionamento desses aparelhos.

Notamos que houve indagações diferentes na problematização inicial por parte dos professores das Escolas Estaduais Monteiro Lobato e José de Alencar. Aqui, podemos ressaltar que os questionamentos relacionados a problematização inicial, os professores procuraram relacionar com fatores decorrentes do cotidiano dos alunos. Entretanto, podemos destacar que em ambas as escolas, os alunos não mencionaram a ação do Efeito Fotoelétrico, como responsável pela ocorrência dos fatos. Vale ressaltar que em nenhum momento, os alunos da Escola José de Alencar justificaram o funcionamento dos aparatos como resultado de uma intervenção humana. Ao contrário do que houve na escola Monteiro Lobato, onde em alguns momentos os alunos responderam que a ocorrência do fato questionado se deve a ação humana.

Após essa etapa, a professora inicia a sua explicação mencionando que a ocorrência desses fatos se deve ao efeito fotoelétrico. Com essas explicações notamos que os alunos ficaram intrigados, de como este fenômeno age para que ocorra o

funcionamento dos aparelhos citados acima. Pôde-se notar um despertar de grande parte da turma, questionado outras aplicações referentes ao fenômeno em estudo. Nesse momento a professora salientou que as placas solares, é outra aplicação desse fenômeno. Assim, notou-se uma participação expressiva dos alunos na problematização inicial.

Na etapa de organização do conhecimento, realizado em outro dia em sala de aula, a professora começou a introduzir o conceito do Efeito Fotoelétrico fazendo uso do livro texto. Ela procurou introduzir o assunto mencionando sobre a Mecânica Quântica, não fazendo distinção sobre a Velha Mecânica Quântica e Nova Mecânica Quântica. Procurou fazer uma introdução sobre a Radiação dos Corpos e a Teoria de Planck. Então ela iniciou a aula comentando sobre a radiação dos corpos. Ou seja, um corpo pode emitir radiação em qualquer temperatura. Ela mencionou que no ano de 1900, Max Planck (1858-1947) desenvolveu um modelo matemático para explicar esta radiação. Esta radiação foi denominada radiação eletromagnética, pois esta radiação ocorria ao longo de todo o espectro eletromagnético. A partir daí, ela comentou o surgimento dos valores discretos para a emissão de energia. Aqui, ela introduz os conceitos do Efeito Fotoelétrico, informando que quando em 1905, Albert Einstein propôs a quantização da luz, obtendo uma explicação para a ocorrência do Efeito Fotoelétrico. Neste momento, ela introduz as equações referentes ao fenômeno em estudo. Aqui notamos, em comparação com o professor da Escola Monteiro Lobato, que a professora da Escola José de Alencar, preocupou em dar mais ênfase no conteúdo que estava sendo abordado em sala de aula.

Em um aula posterior, ela inicia com exercícios de fixação para os cálculos da frequência de corte, comprimento de onda de corte, energia dos fótons incidentes e cálculo do potencial frenador.

Por fim, no terceiro e último momento, o de aplicação do conhecimento, fazendo uso de uma aula cedida por outro professor, ocorreu o uso do simulador com a utilização do Roteiro da Atividade Experimental na sala de informática da escola. Os computadores já estavam devidamente ligados e abertos no programa de simulação do Efeito Fotoelétrico, com o intuito de ganharmos tempo. Houve a necessidade de algumas intervenções com relação ao manuseio do simulador pelos alunos, como por

exemplo, na hora de colocar o simulador para demonstrar o fenômeno. Entretanto, algo que mais merece destaque é que tanto os alunos da Escola Monteiro Lobato, como da Escola José de Alencar, os alunos apresentaram dificuldades nos cálculos que envolvem potenciação. Vejamos, a seguir algumas falas dos alunos da Escola Monteiro Lobato em relação as questões do Roteiro.

Na questão (i) que questiona as diferenças existentes para as intensidades da luz para um mesmo comprimento de onda, na qual os alunos deveriam mudar esses parâmetros, obtemos as seguintes falas:

*“Com o uso do gráfico do simulador, vi que quando se aumenta a intensidade da luz, mantendo o comprimento de onda constante, quando aumenta a intensidade da luz a corrente aumenta de maneira linear” (Aluno 8, Escola José de Alencar).*

*“Notamos também que quando se aumenta a intensidade da luz, o número de fótons aumenta, e quando diminui o número de fótons diminui” (Aluno 3, Escola José de Alencar).*

Pelos trechos das falas descritos acima, notamos que os alunos evidenciaram como estes parâmetros interagem entre si, na ocorrência do Efeito Fotoelétrico.

Na questão (ii) que questiona sobre as diferenças entre os comprimentos de onda para a mesma intensidade e que exigia que os alunos modificassem esses parâmetros no simulador, podemos os seguintes trechos de fala:

*“Notei que quando se aumenta o comprimento de onda, além de diminuir o número de fótons, muda a cor da luz” (Aluno 12, Escola José de Alencar).*

*“Reparei que quando aumenta o comprimento de onda, a corrente diminui” (Aluno 21, Escola José de Alencar).*

*“Quando se diminui o comprimento de onda aumenta o número de fótons e a sua velocidade dos fótons” (Aluno 16, Escola José de Alencar).*

Com as falas descritas, acima mais um vez, evidenciamos que os alunos notaram como a variação destes parâmetros, influenciam no acontecimento do Efeito Fotoelétrico.

Com base, nos trechos descritos referentes as questões (i) e (ii), das Escolas Monteiro Lobato e José de Alencar, notamos houve semelhanças nas respostas sobre como os parâmetros mencionados, se relacionavam quando havia a modificação de alguns deles, durante a utilização do simulador.

## **5.2. Análise das Observações em sala de aula.**

Para trazer uma síntese avaliativa do processo de ensino e aprendizagem propiciado pela oficina utilizamos a Análise de Conteúdo (BARDIN, 2011). Essa metodologia nos propiciou criar as seguintes categorias: a ação do professor, participação dos alunos, compreensão do fenômeno e dificuldades matemáticas.

Com relação a ação do professor, notamos que os alunos observaram uma postura mais dialógica por parte dos professores. Assim destacamos algumas falas dos alunos.

*“A nova maneira dela ensinar deixou a gente mais a vontade, para falar o que queríamos e como queríamos” (Aluno 15, Escola José de Alencar).*

*“Bem hoje em relação as aulas ela foi bem proveitosa porque, falamos de coisas relacionadas ao nosso cotidiano” (Aluno 20, Escola José de Alencar).*

*“Acho que hoje a turma estava mais interessada pela nova maneira de ensinar” (Aluno 6, Escola José de Alencar).*

*“A nova maneira foi muito boa, porque assim a gente se interessou por estudar mais” (Aluno 13, Escola José de Alencar).*

Com essa postura aberta ao diálogo pelo professor, pode-se perceber que os alunos estavam bem participativos, expressando as suas opiniões e trazendo o seu ponto de vista para as discussões em sala de aula. Essa nova postura do professor notada pelos

alunos, aproxima-se da ideia de educação de Paulo Freire, sobre uma prática dialógica que necessita da abordagem dos assuntos que estão relacionados com o dia a dia para promover um engajamento dos alunos. Destaca-se uma das falas de alunos em sala de aula.

*“Bem nós ainda não tínhamos tido aula assim. Trazendo questões do nosso dia para a sala de aula. Assim, falando de coisas do nosso dia, fica mais fácil de participar.” (Aluno 16, Escola José de Alencar).*

Quanto à compreensão do efeito fotoelétrico, notamos que pouquíssimos alunos tinham ouvido falar do Efeito Fotoelétrico. Mas com o uso do simulador podemos observar que eles notaram os parâmetros que influenciam na ocorrência do fenômeno em estudo.

*“Hum, olha Por que cada metal tem uma frequência limite, abaixo daquela não há o efeito fotoelétrico” (Aluno 7, Escola José de Alencar).*

Por ser o primeiro contato com o conteúdo desta disciplina, a introdução da modelagem experimental mediada por *ti's* e pelos professores em aula favoreceu a interpretação desse fenômeno. Os professores aproveitaram muito bem os elementos visuais do acompanhamento da simulação da plataforma para explicar frequência de corte e explicar que em diferentes materiais esse valor pode mudar. Algo que seria praticamente impossível de ser observado e estudado sem a realização de uma simulação computacional.

Por último, destaca-se que se sobressaem as dificuldades matemáticas que pode ser destacadas nas falas dos alunos apresentadas abaixo:

*“Professor no cálculo da energia a potência de 10 eu somo ou subtraio os expoentes?” (Aluno 3).*

*“Professora como que faço para igualar os expoentes da potência de 10? “(Aluno 22).*

Esse é mais um registro que apesar dos alunos estarem no término do Ensino

Médio, eles possuem dificuldades na manipulação algébrica, o que pode comprometer a interpretação dos resultados obtidos por meio da simulação.

### **5.3. Respostas sobre o questionário**

Com o intuito de analisar e avaliar o oferecimento e a aplicação da oficina de simulação do Efeito Fotoelétrico foi aplicado um questionário (Anexo III) que foi apresentado ao professor no final da oficina. Esse questionário continha 14 questões e um espaço destinado ao professor, no qual este poderia comentar e expressar sua opinião sobre a utilização das Tecnologias de Informação (TI's) no auxílio das aulas tradicionais. O questionário tem a finalidade de examinar o conhecimento que os professores possuem em relação à utilização de recursos computacionais, à navegação na internet e ao uso de *softwares*. O questionário ainda tem o objetivo de analisar a aceitação na utilização das TI's, em especial a plataforma PhET.

Analisando as respostas, foi observado que todos os professores utilizam o computador, basicamente para navegar na internet e editar textos. Vimos ainda que, apesar de dois dos três professores terem formação específica em Física, nenhum deles utilizou animação gráfica para ensinar qualquer tópico de Física. Apenas um dos professores, com auxílio de alunos estagiários do curso de graduação em Física da UFV, realizou atividades experimentais sobre tópicos de Mecânica e Eletricidade.

Todos os professores ressaltaram que foi importante e prazerosa a utilização das TI's, em especial a simulação do Efeito Fotoelétrico, não só, para facilitar a inclusão de temas de Física Moderna, mas também, em uma maneira de diversificar a metodologia de ensino, seja através de aulas expositivas ou na utilização de *softwares*, tornando assim as aulas menos metódicas e mais interessantes. Segundo eles, facilitou inclusive a compreensão de fenômenos físicos e a relação ensino-aprendizagem entre professor e aluno. Entretanto, todos destacaram que somente as simulações não atingem uma aprendizagem significativa sobre o conteúdo, pois os alunos, neste caso veem apenas a reprodução dos fenômenos. Utilizando-se somente deste recurso eles não adquirem um embasamento teórico. Ainda há a necessidade de uma abordagem teórica preliminar.

Baseado nas respostas dos professores em relação ao questionário aplicado algumas questões são destacadas. Com relação à pergunta que questiona o uso do

computador pelos professores, os três entrevistados responderam que utilizam este recurso para navegar na internet, fazer pesquisa e editar texto. Temos portanto, um resultado que nos mostra que todos eles têm contato com esta tecnologia de informação e comunicação. Na questão sobre a utilização das TI's em salas de aulas de física; dois dos três professores responderam que nunca haviam utilizado. Entretanto, todos demonstram ter consciência da importância do uso de *softwares* para o Ensino de Física.

Na questão 3, que faz uma avaliação dos professores sobre a oficina oferecida, foi obtida aprovação unânime, já que todos admitem ter gostado da experiência. Eles também disseram que apreciaram o uso da plataforma PhET na abordagem do Efeito Fotoelétrico. Apenas um dos professores, da escola José de Alencar, indicou que encontrou alguma dificuldade no manuseio da simulação.

Com relação ao trabalho com o fenômeno Efeito Fotoelétrico, este consistiu em uma novidade para os professores entrevistados, que nunca tinham discutido este conteúdo em suas aulas. Eles destacaram que a nossa intervenção pode contribuir para a inclusão deste e de novos temas relacionados à Física Moderna. Um dos professores mencionou que a plataforma PhET foi providencial, pois permitiu ilustrar o fenômeno e como as TI's pode propiciar mais interesse pelos alunos.

#### **5.4. Análise das respostas da entrevista**

Analisando os dados obtidos na entrevista semiestruturada, com o auxílio da Análise de Conteúdo (BARDIN,2011), podemos notar que os professores, sujeitos dessa pesquisa, utilizam-se muito pouco das tecnologias ao seu dispor. Para analisar a entrevista, fizemos uso das seguintes categorias: utilização de recursos didáticos, uso de softwares no ensino de física, formação de professores, o futuro sobre o uso das TI's no Ensino de Física.

Com relação à utilização de recursos didáticos, em especial ao uso do computador para o uso de ensinar. Podemos destacar que os professores em geral, comentam que para utilizar o laboratório nas escolas, é preciso que façam um agendamento. Ainda, assim não há um número suficiente de computadores, sendo necessário, mais de um computador por aluno ou uma divisão da turma em grupos. Eles ressaltaram que não se deixar alunos sozinhos no laboratório, sempre tem que ser

acompanhados por um professor ou um tutor, já que os computadores possuem livre acesso a internet. Destacam-se algumas falas dos professores:

*“A direção pede para que façamos aulas diferenciadas para os alunos, mas acabamos sempre esbarrando na burocracia para utilizar a sala de computadores. Você tem que agendar a data e o horário; e ainda colocar dois alunos por computadores” (Professor 1, Escola Monteiro Lobato).*

*“Nós fazemos aulas com uso de instrumentos de laboratórios em salas de aulas com os alunos do curso de Física aqui da UFV; pois há disciplinas de estágio que são realizadas aqui. Assim, contamos com alguns materiais emprestados. Como, por exemplo, imãs em formato cilíndrico, e um tubo metálico, para estudar a Lei de Lenz” (Professor 2, Escola José de Alencar).*

*“Há ainda um problema com relação ao uso do laboratório de informática; pois não podemos deixar os alunos sozinhos. O pouco que saímos eles aproveitam para acessar as redes sociais” (Professor 2, Escola José de Alencar).*

*“O aluno atual está cansado do estilo de aula habitual, assim recursos como a utilização das TI's acaba quebrando uma barreira existente, deixando o aluno mais participativo” (Professor 1, Escola Monteiro Lobato).*

No caso do uso do projetor multimídia, os professores destacam que enfrentam o mesmo problema, há a necessidade de se agendar a sua utilização, o que exige que os professores se programem. Vejamos alguns trechos de falas:

*“Há outro, problema aqui na escola é que em anos anteriores, houve o sumiço de mouses durante à realização de aulas na sala de computação. Assim, quando quero algo diferente nas aulas, tendo agendar o uso do projetor multimídia” (Professor 1, Escola Monteiro Lobato).*

Notamos que os professores, em alguns casos nas escolas esbarram na falta de preparo dos alunos em lidar com o patrimônio público, uma vez que não deveria haver a necessidade de se verificar a falta de materiais após a sua utilização.

Podemos destacar que os professores fazem pouquíssimo uso de *softwares*, apesar que eles destacam o grande potencial que esse tipo de recurso pode ter na apresentação de um fenômeno físico. Os professores citam a falta de tempo e motivação para a preparação de aulas mais atrativas. Outro fator ressaltado eles é a carga horária reduzida; uma vez para o ensino de física são somente duas aulas semanais. Nesse sentido podemos destacar, os seguintes comentários:

*“Eu não havia trabalhado ainda com softwares; pois não pesquisava sobre os mesmos na internet. Procuo sempre explicitar os conteúdos que íamos estudar relacionando com situações vividas pelos alunos. Como por exemplo, a força de atrito, que praticamente se anula quando o carro encontra-se em um lamaçal” (Professor 2, Escola José de Alencar).*

*“Bem, eu já trabalhei utilizando algumas simulações. Entre elas a da Lei de Ohm, da plataforma PhET. Entretanto vi que os alunos fazem o uso da simulação seguindo o roteiro, mas não preocupam em interpretar o que está acontecendo” (Professor 1, Escola Monteiro Lobato).*

Notamos que apesar dos professores terem conhecimentos do uso dos *softwares*, eles aproveitam muito pouco do potencial que se pode ser explorado com o seu uso nas aulas.

Por meio da entrevista constatamos, que com relação ao uso das TI's, os professores podem não ter uma formação suficiente para a sua utilização nas aulas de física. Notamos que com relação ao uso de softwares para o ensino, não há preparação pelos professores. Uma vez que eles mencionaram que a maioria das disciplinas cursadas nos cursos de licenciatura, em sua maioria os conteúdos são vistos, com o professor escrevendo no quadro e os discentes sentados na cadeira de cabeça baixa, resolvendo exercícios. Ou seja, os futuros professores são preparados por meio de uma

educação bancária. São poucas as disciplinas que fazem o uso de softwares. Podemos evidenciar algumas das falas dos professores sobre esse problema:

*“Como sou formada em matemática e leciono física. Não tive nenhuma formação voltada para o uso das TI’s, para utilizar no ensino médio. Até porque quando formei em 1983, e nesta época os professores não se importava muito com o uso delas” (Professor 2, Escola José de Alencar).*

*“Na minha graduação não gostava muito de trabalhar nas aulas que tinham que utilizar as TI’s. Entretanto, vejo que hoje se faz necessário, para prender a atenção da maioria dos alunos” (Professor 1, Escola Monteiro Lobato).*

*“No meu curso de Física Na UFV, cursei a disciplina Física Computacional onde você tem que aprender a programar, na linguagem do Fortran 90 e utilizar o software Mathematica que nos ajudava em cálculos complexos, além de simulações que podíamos fazer” (Professor 1, Escola Monteiro Lobato).*

Esse dado traz um paradoxo, pois enquanto ressaltamos o potencial das TI’s para os processos de ensino e aprendizagem, verificamos que o seu uso não está presente nas aulas da educação básica e nem da educação superior.

Por último, os professores se mostraram bastante otimistas com relação ao futuro no uso das TI’s para se ensinar física. Destacamos alguns trechos:

*“Vejo com bons olhos a introdução das TI’s no Ensino de Física. Entretanto, estamos muitos aquém do potencial oferecido pelas mesmas. Deveria haver, por parte dos governos cursos de capacitação, com incentivos para os professores” (Professor 1, Escola Monteiro Lobato).*

*“Eu mesmo já participei oficina em 2013 para ensinar a utilizar o Linux numa oficina com programas pra ensinar cálculos matemáticos para os alunos do ensino fundamental. Eu*

*participei, por fazer parte da área de ciências exatas, e porque contava como carga horária para o Módulo 2” (Professor 1, Escola Monteiro Lobato).*

*“Bem, o uso das TI’s além de facilitar o nosso trabalho, incentiva o aluno a gostar do conteúdo, uma vez que ele está manipulando algum fenômeno. Ele está vendo o acontecimento dos fatos, não simplesmente olhando a representação do mesmo no quadro. Assim, creio que a utilização das TI’s veio para ficar e trará mudanças significativas para a ensino de um modo em geral. Não sei se médio ou a longo prazo, mas trará” (Professor 2, Escola José de Alencar).*

Os professores acreditam no sucesso na utilização das TI’s uma vez que a geração de hoje está muito familiarizada com toda essa tecnologia atual. Eles são unânimes em dizer que para a utilização das TI’s no Ensino, de um modo em geral deveria haver um maior investimento por parte dos governos. Eles destacam que primeiramente deveriam-se equipar os laboratórios, com computadores modernos, com uma internet que funcionasse adequadamente, e sobre tudo com profissionais especialistas, que pudessem trabalhar na manutenção das máquinas.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A maneira como, em sua maioria, a apresentação da Física aos alunos é pouca motivadora é uma das razões para que os alunos não despertem interesse pela disciplina. Então, neste trabalho, procuramos desenvolver uma alternativa para que os professores de Física pudessem introduzir o conceito do Efeito Fotoelétrico e suas aplicações, aos alunos do Ensino Médio, com o auxílio de uma simulação computacional.

A incorporação das tecnologias ao ensino de Física por meio de recursos computacionais é uma possibilidade para a sua melhora, pois possibilita benefícios ao trabalho pedagógico por estimular o interesse dos alunos para as inovações tecnológicas e facilitar a compreensão dos fenômenos físicos, estabelecendo-se como um instrumento de motivação para o processo de ensino-aprendizagem.

Essa proposta teve como problema de pesquisa as dificuldades encontradas para o Ensino de Física sobre o tema de Física Moderna, além de dificuldades na inserção de novas metodologias que facilitem a aprendizagem em sala de aula. No decorrer de nossa pesquisa, notamos que os conteúdos de Física Moderna, praticamente, não são abordados no Ensino Médio, principalmente devido à carga horária reduzida, e a preocupação dos professores em cumprirem o cronograma até as provas do Enem. Isso apesar dos conteúdos de Física Moderna fazerem parte do Conteúdo Básico Comum (CBC) e dos livros didáticos.

O desenvolvimento, a construção e a aplicação da oficina foram muito prazerosos, uma vez que pudemos notar como os professores, e em especial os alunos, se sentiram entusiasmados em utilizar a tecnologia para ilustrar um fenômeno físico, e representar aplicações observadas nos dias atuais.

A construção da oficina se baseou nos três momentos pedagógicos. Na problematização inicial, o professor inicialmente fez questionamentos relacionados ao cotidiano dos alunos, onde esses questionamentos tinham como princípio básico de funcionamento o efeito fotoelétrico. Pudemos notar, uma motivação maior dos alunos, por questões que fazem parte do seu cotidiano. Na organização do conhecimento, o professor fez o uso de um texto introdutório sobre o conteúdo em questão, para em seguida, fazer o uso de exercícios para a fixação do conteúdo. Por fim, na aplicação do

conhecimento, o professor fez o uso do *software* sobre o efeito fotoelétrico, da plataforma *PhET* desenvolvido pela Universidade do Colorado (EUA).

Além, dos três momentos pedagógicos também se utilizou da educação transformadora de Paulo Freire baseada no diálogo como um elemento central que condicionou a validade e as condições para a que o mesmo acontecesse, de modo que existisse uma relação entre o professor e o aluno relacionados a situações vivenciadas em seu cotidiano. Observou-se que, de um modo geral, que este trabalho pôde e poderá auxiliar vários professores que queiram inserir o tema e a tecnologia em suas aulas.

Como produto final, foi desenvolvido um material didático de forma a auxiliar os professores na introdução do conteúdo do Efeito Fotoelétrico, no Ensino Médio, com o auxílio de um *software*. Este produto foi elaborado em função da falta da utilização dos recursos didáticos disponíveis por parte dos professores para a realização do experimento no Ensino Médio.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRANTES, P., “A Filosofia da Ciência de Heinrich Hertz”. In. ÉVORA, F. R. R.(Ed.). *Século XIX: O Nascimento da Ciência Contemporânea*. Campinas: Unicamp, 1992.

ANDRADE, M, E. *O uso das novas tecnologias da informação e comunicação no ensino de física: uma abordagem através da modelagem computacional*. 2010. 87 p. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

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 Catarinense de Ensino de Física**, v.29, n Especial 2, out. 2012.

CASSIRER, E., *El Problema del Conocimiento*, vol. IV. Fondo de Cultura Economica: México, 1986.

CAVALCANTE, M, A.; TAVORALO, C, R, C. *Uma Oficina de Física Moderna que vise a sua Inserção no Ensino Médio*. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.18, n. 3, dez. 2001.

CENNE, A, H, H. *Tecnologias Computacionais como recurso complementar no ensino de física térmica*. 2007. 91 p. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

COELHO, R, O. *O Uso da Informática no Ensino de Física de Nível Médio*. 2002. 95p. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação da Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2002.

DA SILVA, S, R.; MELO, C, A, S. *A Utilização da Simulação “Força e Movimento” da plataforma PhET, como Recurso Didático no Processo de Ensino-Aprendizagem no Ensino Médio*. *Revista Educação e Emancipação*, São Luís, v.9, n. 2, jul./dez. 2016.

DE OLIVEIRA, J, R, S. *Contribuições e abordagens das atividades experimentais no ensino de ciências: reunindo elementos para a prática docente*. **Acta Scientiae**, v.12, n.1, jan./jun. 2010.

EISBERG, R.; RESNICK, R. *Física Quântica*. Ed. Campus, 1979.

FERREIRA, J, L. *Efeito Fotoelétrico: A inserção da Física Moderna e Contemporânea por intermédio da experimentação e da simulação computacional*. Monografia. Universidade Federal Fluminense. Niterói, 2012.

- FREIRE, P. **Extensão ou comunicação?** Editora Paz e Terra, São Paulo, 2006.
- FREIRE, P. **Pedagogia do Oprimido** Editora Paz e Terra, Rio de Janeiro, 2005.
- GOMES, V, C. *O Uso de Simulações Computacionais do Efeito Fotoelétrico no Ensino Médio*. 2011. 111p. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade Estadual da Paraíba, 2011.
- GALIAZZI, M, C. et al. *Objetivos das atividades experimentais no ensino médio: a pesquisa coletiva como modo de formação de professores de ciências*. *Ciência & Educação*, v.7, n.2, p.249 – 263, 2001.
- HERTZ, H., *The Principles of Mechanics*. New York: Dover, 1956.
- YAMAMOTO, I.; BARBETA, V, B. *Simulações de experiências como ferramenta de demonstração virtual em aulas de teoria física*. **Revista Brasileira em Ensino de Física**, 2001.
- JANIK, A.; TOULMIN, S., *Wittgenstein's Vienna*. New York: Touchstone, 1996.
- JANIK, A., *Wittgenstein, Hertz and Hermeneutics*. In: *Boston Studies in the Philosophy of Science*, 2002, pp. 1 a 25.
- JÚNIOR, O, C. *Texto e Contexto para o Ensino de Física Moderna e Contemporânea na Escola Média*. 2003. 111p. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Instituto de Física, Instituto de Química e Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.
- LAMEU, L, P. *Efeito Fotoelétrico no Ensino Fundamental: Uma Proposta à Luz da Teoria dos Campos Conceituais*. 2014. Módulo Didático. Produto Final da Dissertação Submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências. Universidade Federal de Itajubá.
- MARENGÃO, L, S, L. *Os Três Momentos Pedagógicos e a elaboração de problemas de Física pelos estudantes*. 2012. 68p. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) – Universidade Federal de Goiás.
- MEDEIROS, A.; de MEDEIROS, C, F. *Possibilidades e Limitações das Simulações Computacionais no Ensino de Física*. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.24, n. 2, Junho, 2002.
- OSTERMANN, F. *Tópicos de Física Contemporânea em escolas de nível médio e na formação de professores de Física*. Tese de Doutorado. Instituto de Física. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Rio Grande do Sul, 2000.
- OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. *Atualização do currículo de Física na escola de*

nível médio: um estudo desta problemática na perspectiva de uma experiência em sala de aula e da formação inicial de professores. 2000. Anais. ENPEC-VII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, Florianópolis, 2000b.

PIRES, M, A.; VEIT, E, A. *Tecnologias de Informação e Comunicação para ampliar e motivar o aprendizado de Física no Ensino Médio*. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.28, n. 2, p. 241 – 248. 2006.

PORTO, C, S. *Espectroscopia: Enfrentando Obstáculos e Promovendo Rupturas na Inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio*. Dissertação Mestrado em Ensino de Ciências. Universidade de Brasília, 2011.

PRASS, A, R. *Aplicação do Efeito Fotoelétrico*. Disponível em: <https://www.algosobre.com.br/94-albertoricardo.html>.

TERRAZAN, E, A. *Perspectivas para a Inserção da Física Moderna na Escola Média*. Tese de Doutorado. Faculdade de Educação. Universidade de São Paulo. São Paulo, 1994.

YAMAMOTO, I.; BARBETA, V, B. *Simulações de Experiências como Ferramenta de Demonstração Virtual em Aulas de Teoria de Física*. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.23, n. 2, Junho, 2001.

## ANEXOS

### Anexo I – TERMO DE CONCORDÂNCIA DA ESCOLA

A escola estadual XXXXXX , está sendo convidada a participar da pesquisa: “Utilização das tecnologias da informação (TI’s) para o ensino de física moderna no ensino médio” que será realizada pelo aluno Frederico Ferreira Freitas visando à obtenção do título de Mestre Profissional em Ensino de Ciências da Universidade Federal de Ouro Preto, sob a orientação do Prof. Dr. Silmar Antonio Travain.

O estudo tem como objetivo a utilização das tecnologias de informação (TI’s) para uma abordagem do conceito do efeito fotoelétrico no ensino médio. Portanto participarão deste estudo professores do ensino médio, que concordarem em participar e tenham assinado o termo de consentimento livre e esclarecido. O estudo acontecerá nas dependências da escola, e para a coleta de dados será realizado a aplicação de questionário a professores.

Os resultados obtidos serão divulgados em uma defesa de mestrado.

Finalmente, tendo sanadas todas as dúvidas de tudo que lhe foi exposto sobre a participação voluntária no referido estudo, a direção da escola concorda e autoriza a participação da escola, com aprovação sem que para isso tenha sido forçada ou obrigada.

#### CONSENTIMENTO

Eu \_\_\_\_\_ diretor  
(a) da Escola Estadual XXXXXX , li e entendi as informações precedentes e estou consciente dos direitos, responsabilidades, riscos e benefícios que a pesquisa implica, concordo em autorizar a participação da instituição sabendo que receberei uma cópia deste Termo de concordância.

\_\_\_\_\_  
Diretor (a) da Escola

\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Silmar Antonio Travain

\_\_\_\_\_  
Orientador da Pesquisa

Ouro Preto, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2015.



## **Anexo II – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO PARA O PROFESSOR**

Prezado (a) Professor (a),

Temos o prazer de convidar o Sr (a) a participar da pesquisa “Utilização das tecnologias da informação (TI’s) para o ensino de física moderna no ensino médio”, que será desenvolvida com o intuito da obtenção do título de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências pela Universidade Federal de Ouro Preto, com a orientação do Prof. Dr. Silmar Antonio Travain, em forma de dissertação de mestrado pelo aluno Frederico Ferreira Freitas. Esta pesquisa tem como objetivo desenvolver uma oficina para os professores do ensino médio, com o intuito de os mesmos poderem utilizar o material desenvolvido, em suas respectivas aulas na abordagem sobre o tema em questão. Os procedimentos a serem seguidos na pesquisa são: a aplicação de um questionário sobre os recursos computacionais que existem a seu dispor, bem como o conhecimento dos mesmos sobre softwares disponíveis para uma abordagem de conceitos físicos em suas aulas. Assim, você será convidado a participar de uma oficina sobre física moderna, em especial sobre o efeito fotoelétrico. O risco decorrente deste estudo inclui a exposição da identidade do voluntário, entretanto todos os cuidados serão tomados para garantir que não ocorrerá revelação pública dos dados do voluntário e da escola. Comunicamos que as informações repassadas serão utilizadas somente para o desenvolvimento deste estudo e serão manuseadas no mais absoluto sigilo, sendo assim preservando a sua identidade. Somente o discente e o orientador terão acesso aos dados, estes que serão armazenados em computadores, protegidos de modo que outras pessoas não tenham contato com as informações prestadas.

Todos os registros efetuados no decorrer deste estudo estarão sob a responsabilidade do Orientador Prof. Dr. Silmar Antonio Travain e serão arquivados no Instituto de Ciências Exatas e Biológicas – ICEB (UFOP), por um período de cinco anos, sendo incinerados após este período. Os resultados finais serão apresentados em uma defesa de mestrado. Durante a aplicação do questionário, realização da entrevista e da oficina você poderá se recusar a responder qualquer pergunta ou participar e estará livre para deixar o estudo. Quanto à entrevista será realizada em um horário combinado entre você e o entrevistador, para que não ocorra prejuízo na sua atuação em sala de aula. Não haverá qualquer tipo de remuneração financeira ou gastos para você. Você tem a liberdade para perguntar sobre qualquer dúvida que possa surgir em qualquer fase da pesquisa para o Prof. Dr. Silmar Antonio Travain, pelo telefone (31) 3559-1604 ou para o mestrando Frederico Ferreira Freitas, pelo telefone (31) 98943399, ou ainda para o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Ouro Preto – CEP/UFOP, no CAMPUS Universitário Morro do Cruzeiro na PROPP ou pelo telefone (31) 3557-1368. Finalmente, tendo compreendido perfeitamente tudo o que lhe foi explicado sobre a sua participação voluntária no mencionado estudo e, estando consciente dos direitos, responsabilidades, riscos e benefícios que esta participação implica, você concorda em participar da pesquisa, com consentimento sem que para isso tenha sido forçada ou

obrigada.

---

Professor (a)

---

Prof. Dr. Silmar Antonio Travain  
Orientador da Pesquisa  
Ouro Preto, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2015.

### Anexo III – QUESTIONÁRIO AOS PROFESSORES

Questionário de Avaliação do Conhecimento dos Professores do Ensino Médio sobre Tecnologias de Informação e Efeito Fotoelétrico.

Prezado Professor,

Agradecemos sua participação no projeto de pesquisa “Utilização das tecnologias da informação (TI’s) para o ensino de física moderna no ensino médio”. A seguir, apresentamos questões que visam a avaliação de seu conhecimento sobre Tecnologias de Informação e o Efeito Fotoelétrico, além de algumas aplicações no cotidiano. Os dados serão avaliados de forma global. Por favor, preencha todos os campos. Se não tiver explícita nas opções a sua resposta, por favor, transcreva-a.

- 1) Você utiliza o computador para:  
 Navegar na Internet.  
 Fazer uma pesquisa via Internet.  
 Editar texto
- 2) Na escola você já utilizou alguma animação gráfica para ensinar Física?  
 Sim  Não
- 3) Você já utilizou, em anos anteriores, alguma aula de Física com o auxílio das Tecnologias de Informação (TI’s)?  
 Sim  Não
- 4) Você gostou de ter utilizado as Tecnologias de Informação (TI’s) para ensinar Física Moderna no Ensino Médio?  
 Sim  Não
- 5) Você acha importante utilizar Softwares para o ensino de Física?  
 Sim  Não
- 6) O uso das Tecnologias de Informação (TI’s) é estimulante para a aprendizagem?  
 Sim  Não  mais ou menos
- 7) Você gostou de utilizar a Plataforma Phet no ensino de Física Moderna?  
 Sim  Não  mais ou menos
- 8) Você prefere ensinar Física através de:  
 aulas expositivas  
 com softwares  
 experimentos em laboratórios
- 9) Você teve dificuldades na utilização da Plataforma PhET?  
 Sim  Não
- 10) Em anos anteriores, você já tinha discutido o conceito do Efeito Fotoelétrico?  
 Sim  Não
- 11) Você acha a implementação deste projeto facilita a possível inclusão de novos temas de Física Moderna?  
 Sim  Não
- 12) O que você menos gostou na implementação do projeto?



## **Anexo IV - Roteiro Experimental**

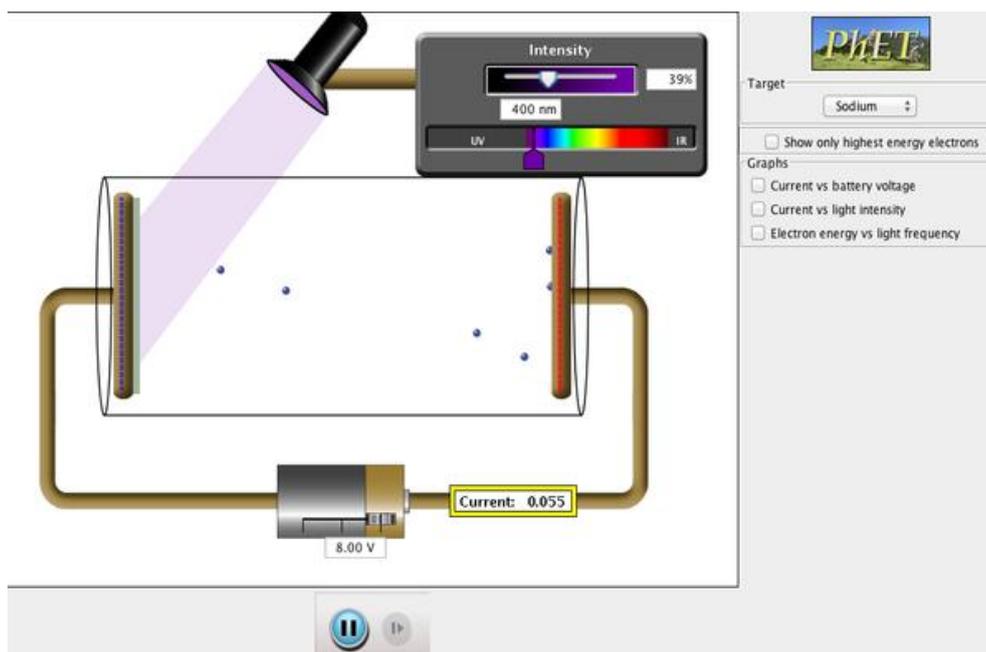
Para aplicação da proposta foi apresentado aos professores regentes das aulas o roteiro experimental a ser seguido. Neste roteiro fizemos uma breve introdução do conceito do Efeito Fotoelétrico para auxiliar o professor na discussão do tema em questão.

Este roteiro traz uma descrição do simulador da plataforma PhET. O simulador permite ao usuário, interagir, alterando vários parâmetros, tais como o comprimento de onda da luz, a intensidade da luz, podendo trabalhar com baixa ou alta intensidade. Observando assim, como cada material reage a um determinado comprimento de onda da luz, onde podemos observar a frequência de corte (ou tensão de corte) de cada material. Sendo assim, juntamente com a simulação, o professor recebeu um roteiro para ajudá-lo na sequência didática em sua aula.

### **O Efeito Fotoelétrico**

No final do século XIX, experimentos demonstraram que a radiação eletromagnética (luz) quando incide sobre superfícies metálicas pode provocar a emissão de elétrons, provocando assim o Efeito Fotoelétrico. Nessa ocorrência, os elétrons que são emitidos são conhecidos como fotoelétrons.

A montagem característica para o estudo do fenômeno do Efeito Fotoelétrico consiste em um tubo a vácuo, onde há um circuito eletrônico com eletrodo negativo, o emissor, e um eletrodo positivo, o coletor como mostrado na Figura 1.



Fonte: periódicos.ufsc.br

**Figura 1:** Ilustração da luz irradiada sobre uma placa metálica e os elétrons sendo emitidos na simulação computacional do Efeito Fotoelétrico.

Como observado na Figura 1, poderá ocorrer à emissão de elétrons, mas somente se a frequência aplicada da luz (ou tensão aplicada) for suficiente para “excitar os elétrons” da superfície metálica, criando assim uma condição de movimento de cargas, ou corrente elétrica. Para que o circuito possa medir essa corrente elétrica é necessário manter o circuito com uma força eletromotriz geradora (fem). A excitação dos elétrons na superfície metálica depende da tensão aplicada, conhecida como tensão de corte, que representa a função trabalho limite do metal. Essa tensão quando superada, faz com que ocorra a excitação dos elétrons da superfície do material metálico estudado.

### Simulação Computacional

Para uma maior compressão do Efeito Fotoelétrico nesta proposta foi aplicada uma simulação computacional. O uso da simulação deve facilitar a observação da dependência da radiação eletromagnética, ou seja, da frequência em que a luz é emitida na superfície do metal estudado, que pode provocar ou não a excitação das cargas elétricas no material metálico.

Alguns passos são descritos para serem seguidos no início da operação do simulador do Efeito Fotoelétrico:

**1º passo:** Identificar o painel com ajustes para simulação

- a) Como modificar a intensidade da luz;
- b) Como modificar o comprimento de onda;
- c) Como localizar o amperímetro, registro de “corrente 0,000”;
- d) Como encontrar a pilha e como alterar a tensão;
- e) Como alterar a placa de metal onde se encontra a ampola de vidro, com as seguintes opções: sódio, zinco, platina, cálcio, magnésio e cobre.

**2º passo:** Operação com o simulador

- (i) Selecionar o material metálico da placa (exemplo: sódio);
- (ii) Selecionar o comprimento de onda (exemplo: 350 nm);
- (iii) Verificar a voltagem registrada (exemplo: 0 Volt);
- (iv) Variar a intensidade da luz (exemplo: 20%, 40%, 60%, 80% e 100%);
- (v) Anotar os dados da intensidade da corrente elétrica.

**3º passo:** Repetir operação com o simulador

- a) Selecionar o material metálico da placa (exemplo: sódio);
- b) Selecionar o comprimento de onda (exemplo: 350 nm);
- c) Verificar a voltagem registrada (exemplo: 2 Volts);
- d) Variar a intensidade da luz (exemplo: 20%, 40%, 60%, 80% e 100%);
- e) Anotar os dados da intensidade da corrente elétrica.

**4º passo:** Repetir operação com o simulador

- a) Selecionar o material metálico da placa (exemplo: sódio);
- b) Selecionar o comprimento de onda (exemplo: 450 nm);
- c) Verificar a voltagem registrada (exemplo: 0 Volt);
- d) Variar a intensidade da luz (exemplo: 20%, 40%, 60%, 80% e 100%);
- e) Anotar os dados da intensidade da corrente elétrica.

**5º passo:** Repetir operação com o simulador

- a) Selecionar o material metálico da placa (exemplo: sódio);
- b) Selecionar o comprimento de onda (exemplo: 450 nm);
- c) Verificar a voltagem registrada (exemplo: 2 Volts);
- d) Variar a intensidade da luz (exemplo: 20%, 40%, 60%, 80% e 100%);
- e) Anotar os dados da intensidade da corrente elétrica.

**6º passo:** Responder as questões

- i. Você observou alguma diferença entre as intensidades de luz para o mesmo comprimento de onda? Justifique.
- ii. Você observou alguma diferença para comprimentos de onda com a mesma intensidade? Justifique.
- iii. Os postes de iluminação pública contem lâmpadas ligadas a um circuito que possui célula fotossensível. Quando começa anoitecer, a corrente gerada pelo Efeito Fotoelétrico é encerrada, assim outro circuito é responsável por acender as lâmpadas que iluminam as ruas. Considere que a luz ultravioleta provoque na célula fotossensível o Efeito Fotoelétrico e que tenha uma frequência,  $f = 8 \times 10^{14}$  Hz, determine:
  - a) Encontre o valor da energia em Joules de cada fóton;
  - b) Se o trabalho necessário para arrancar o elétron da célula fotossensível for  $2,3 \times 10^{-19}$  J, determine o valor da energia cinética para o elétron ejetado. Dados:  $E = hf$ ;  $E = E_c + W$ ;  $h = 6,63 \times 10^{-34}$  J.s.

**Tabela 1:** Comprimento de onda: 350 nm, voltagem: 0 V

Intensidade da luz	Corrente elétrica
20%	
40%	
60%	
80%	
100%	

**Tabela 2:** Comprimento de onda: 350 nm, voltagem: 2 V

Intensidade da luz	Corrente elétrica
20%	
40%	
60%	
80%	
100%	

**Tabela 3:** Comprimento de onda: 450 nm, voltagem: 0 V

Intensidade da luz	Corrente elétrica
20%	
40%	
60%	
80%	
100%	

**Tabela 4:** Comprimento de onda: 450 nm, voltagem: 2 V

Intensidade da luz	Corrente elétrica
20%	
40%	
60%	
80%	
100%	

Respostas:

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## **Anexo V – Entrevista aos professores**

- 1) O que o senhor (a) acha da infra-estrutura de informática na (s) escola (s) em que trabalha e do uso do computador?
- 2) O que o senhor (a) acha sobre a utilização de softwares no Ensino de Física?
- 3) O senhor (a) acha que os professores possuem formação para a utilização das TI's?
- 4) Quais são as suas perspectivas sobre o futuro das TI's no ensino de Física?