



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA  
CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA

THAIS MARTINS OLIVEIRA MESQUITA

O EFEITO FOTOELÉTRICO EM UMA ABORDAGEM INVESTIGATIVA COM  
USO DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL PELO MÉTODO POE

FORTALEZA

2017

THAIS MARTINS OLIVEIRA MESQUITA

O EFEITO FOTOELÉTRICO EM UMA ABORDAGEM INVESTIGATIVA COM  
USO DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL PELO MÉTODO POE

Monografia apresentada ao Curso de  
Graduação em Física do  
Departamento de Física, da  
Universidade Federal do Ceará,  
como requisito parcial para obtenção  
do grau de graduada em Licenciada  
de Física.

Orientador: Prof. Dr. Afrânio de  
Araújo Coelho.

FORTALEZA

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

M1e MESQUITA, THAIS MARTINS OLIVEIRA.  
O EFEITO FOTOELÉTRICO EM UMA ABORDAGEM INVESTIGATIVA COM USO DE  
SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL PELO MÉTODO POE / THAIS MARTINS OLIVEIRA  
MESQUITA. – 2017.  
57 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro  
de Ciências, Curso de Física, Fortaleza, 2017.

Orientação: Prof. Dr. Afrânio de Araújo Coelho. .

1. ENSINO INVESTIGATIVO. 2. MÉTODO POE. 3. EFEITO FOTOELÉTRICO. I. Título.

CDD 530

---

THAÍS MARTINS OLIVEIRA MESQUITA


O EFEITO FOTOELÉTRICO EM UMA ABORDAGEM INVESTIGATIVA COM  
USO DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL PELO MÉTODO POE

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Física do Departamento de Física, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de graduada em Licenciada de Física.

Orientador: Prof. Dr. Afrânio de Araújo Coelho.

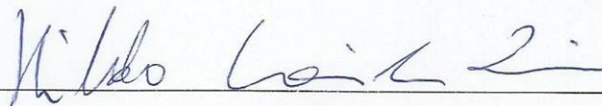
Aprovada em: 14, 07, 2017

BANCA EXAMINADORA



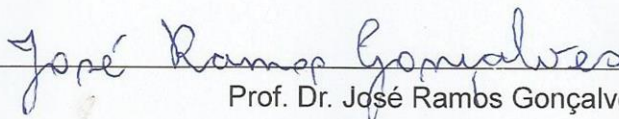
Prof. Dr. Afrânio de Araújo Coelho (Orientador)

Universidade Federal do Ceará (UFC)



Prof. Dr. Nildo Loiola Dias

Universidade Federal do Ceará (UFC)



Prof. Dr. José Ramos Gonçalves

Universidade Federal do Ceará (UFC)

*À Deus*

*E aos meus pais, Telma e César.*

## **Agradecimentos**

Agradeço primeiramente a Deus pela criação do Universo, possibilitando-nos a observação e estudo do mesmo. Por estar comigo, me auxiliando nas aflições, e sempre ouvir minhas orações.

Agradeço a minha mãe Telma Martins de Lima, que me apoiou e me incentivou a persistir, estando sempre comigo nos bons e maus momentos, sempre acreditando em mim, me dedicando seu amor e companheirismo.

Ao meu pai, César Weyder Oliveira Mesquita, meu amigo que sempre esteve a disposição para me ajudar. Agradeço pela sua preocupação e pelo seu respeito em minhas decisões pessoais.

Ao meu orientador, Prof. Afrânio de Araújo Coelho, pela sua paciência durante esta orientação. Agradeço por suas orientações, sugestões e correções que me nortearam durante este trabalho.

Ao meu padrasto, Pompeo Tavares, e a todos os meus familiares que me deram apoio e suporte, a todo momento.

Aos meus amigos da graduação, que estiveram comigo semanalmente, estudando, rindo e participando de muitos momentos durante todo o curso.

Agradeço ainda aqueles amigos que estavam presentes comigo fora do ambiente universitário, que me apoiaram e comemoraram comigo muitas conquistas nesse tempo.

Agradeço a E.E.F.M. Presidente José Sarney, que disponibilizou o ambiente escolar para a aplicação deste trabalho. Aos alunos que se voluntariaram a participar, e ao Alexandre Baratta, professor de Física, que me auxiliou, dando-me suporte em toda a aplicação do trabalho.

Agradeço a Universidade Federal do Ceará e aos professores do Departamento de Física que sempre nos incentivam a estudar, pesquisar e contribuir para o ensino de Física, assim como pelo ambiente e recursos necessários para a aprendizagem.

*"Portanto, quer comais quer bebais,  
ou façais outra qualquer coisa, fazei  
tudo para glória de Deus"*

*1Co 10.31*

## RESUMO

Apresentamos uma proposta para os profissionais do ensino de Física, quanto ao desafio sobre o ensino do Efeito Fotoelétrico. Utilizamos o ensino por investigação como forma de abordar o tema citado, e o método chamado POE (predizer, observar e explicar). Permitindo assim, aos alunos, a formulação de respostas a situações-problemas lançadas aos mesmos; por meio da interação, observação e experimentação. Como ferramenta utilizamos um experimento virtual, onde aplicamos em uma escola de ensino médio regular. A grande proposta é mostrar, aos alunos que é possível modificar e aprimorar seu conhecimento e saber científico, transformando-se de agente passivo à agente ativo, na obtenção do conhecimento. Assim como encorajar aos professores, que desejam o crescimento científico de seus alunos, através de uma abordagem inovadora e estimulante, com recursos simples, que seria o ensino por investigação. As aulas foram aplicadas na escola E.E.F.M Presidente José Sarney, em laboratório de práticas experimentais e de informática, onde observamos uma participação ativa dos alunos e uma construção do conhecimento de forma gradual e satisfatória.

**Palavras-chave:** Ensino de física; efeito fotoelétrico; ensino por investigação; POE; situações-problemas; experimento virtual



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES E TABELAS

FIGURA 1 - Foto da entrada da escola Presidente José Sarney	27
FIGURA 2 - Simulador Efeito fotoelétrico do PhET.	28
FIGURA 3 - Foto durante a execução da experiência das tampinhas pela Dupla 1.	33
FIGURA 4 - Foto durante a execução da experiência das tampinhas pela Dupla 3.	33
FIGURA 5 - Momento de discussão para predição	35
FIGURA 6 - Observação da simulação do experimento virtual	37

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

E.E.F.M PJS – Escola de Ensino Fundamental e Médio Presidente José Sarney

FMC – Física Moderna e Contemporânea

PCNEM - Parâmetros Curriculares Nacionais Ensino Médio.

PhET – Physics Education Technology

P.O.E – Predizer, observar e explicar

## **LISTA DE TABELAS**

TABELA 1 - Transcrição dos relatórios dos grupos ao primeiro questionamento lançado.	36
TABELA 2 - Sequência POE da segunda etapa de questionamentos	38
TABELA 3 - Sequência POE da terceira etapa de questionamentos.	41

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	12
1 MÉTODOS DE ENSINO.....	14
1.1 Ensino Investigativo.....	14
1.2 Diferentes abordagens investigativas .....	17
1.3 Método POE .....	20
1.4 Simulação como ferramenta no ensino .....	22
2 METODOLOGIA.....	25
2.1 A abordagem, o método e a ferramenta.....	26
2.2 O conteúdo.....	26
2.3 A escola.....	27
2.4 O simulador.....	28
2.5 Intervenção em sala.....	28
3 Resultados e Discussões.....	31
3.1 Primeira aula: o uso da analogia.....	31
3.2 Segunda aula: o uso do simulador.....	34
4 Considerações Finais.....	43
Referências Bibliográficas.....	45
APÊNDICE .....	48
A: RELATÓRIO APLICADO AOS ALUNOS DA E.E.F.M. PJS.....	48
B: PLANO DE AULA.....	49

## INTRODUÇÃO

Tem-se inúmeras tentativas de mudança, quanto ao ensino científico. Belos discursos foram e são feitos e defendidos pela comunidade científica na área do ensino das ciências. No entanto, ainda encontramos uma realidade em sala de aula bem diferente de todas essas propostas. Algumas mudanças aparentes até foram aplicadas como, por exemplo, o ensino mais contextualizado no cotidiano do aluno, a dita Física do Cotidiano. Ainda que os profissionais da educação saiam do ambiente universitário ansiosos por mudanças, muitos se esmorecem e se desestimulam em mudar, frente a uma realidade do ambiente escolar cheio de vícios e limitações que impedem suas ambições de mudanças.

Encontramos então, na escola, dois perfis distintos: por um lado, (1) professores bem experientes, mas desmotivados; por outro lado, (2) estudantes com pouca ou nenhuma vivência, mas motivados pela novidade. Um buscando contribuir para a aprendizagem e outro beneficiar-se da aprendizagem.

Se em parte, somos tentados a tornar o ensino dogmático como forma de abordagem das nossas aulas, em outras somos bem estimulados a pesquisar e a inovar cada vez mais em novas formas de abordagem, ou retornar a abordagens que se mostraram eficientes. Os problemas parecem estar muito bem definidos, a dificuldade parece ser encontrar suas soluções. Acreditamos que a abordagem do Ensino por Investigação pode ser uma destas soluções.

O desafio maior do professor, deve ser a cada dia buscar ver seu aluno crescer em conhecimento, fazer com que o conteúdo tenha um significado, criando assim um saber científico.

No que diz respeito aos alunos, sabemos bem que, quando estes se tornam passivos no processo de aprendizagem, dificilmente estarão estimulados a realizar qualquer atividade proposta. Contra esta passividade por parte dos alunos na sala de aula, propomos um método ativo: o ensino investigativo. O ensino por investigação é uma abordagem proposta desde que o ensino de ciências passou a ser inserido no curriculum escolar. O mesmo busca fazer do aluno um ser atuante em todo o processo de ensino-aprendizagem. Tendo-se a observação e a investigação como etapas marcantes desta abordagem, o aluno é impelido a desenvolver atividades de forma crítica, tornando-se atento às

situações propostas. Ainda, o ensino por investigação permite o desenvolvimento de ideias por parte dos alunos e os aproxima da cultura científica.

Nesta era tecnológica e digital, costuma-se dizer que o universo do conhecimento está a um “clique” de distância. Com efeito, somos permeados de informações e ambientes virtuais providos pela Internet. Neste sentido, buscamos utilizarmos destes recursos, notadamente de simulações computacionais como ferramenta de ensino (GOMES,2011). O uso de simulações permite a realização de experimentos que, fora do ambiente virtual, seriam inviáveis nas escolas de ensino médio regulares, por razões diversas.

A combinação de simulações com o ensino investigativo, no ensino da FMC (Física Moderna e Contemporânea), facilita a compreensão de conceitos complexos que, quando colocados em sala de aula, ainda que explicados com riqueza de detalhes, não surtirá o efeito que a visualização animada de objetos simbólicos e gráficos irá proporcioná-los.

A abordagem investigativa os faz amadurecer sobre um conceito de forma crítica, embora os mesmos não tenham um conceito formado acerca do que estão analisando. O ensino por investigação os confronta com seus conceitos equivocados. Ele estimula o aluno, que se torna importante em classe, sujeito do seu conhecimento, e estimula o professor que consegue perceber imediatamente o resultado positivo de seu esforço, ao preparar uma aula desta forma. Certamente uma postura diferente do professor produzirá uma diferente postura no aluno.

Portanto, intencionamos neste trabalho abordar o Efeito Fotoelétrico por meio do ensino por investigação. Metodologicamente, servimo-nos do método Predizer, Observar e Explicar – POE aplicado ao uso de simulações computacionais. Resumidamente, partindo de uma atividade introdutória, realizada em grupos, propomos momentos de predições, ou seja, para reflexões prévias a questionamentos feitos. Em seguida, solicitamos a observação de simulações que possam sugerir soluções aos questionamentos anteriores. Finalmente, pedimos que um aluno explique a solução encontrada pelo seu grupo, a fim de analisar ainda aquilo que concorda ou discorda de suas predições.(BARROS,1994).

Objetivou-se neste trabalho, desenvolver uma metodologia investigativa que promova um saber científico (VEIGA,2013), bem como passar a aplicação desta metodologia desenvolvida.

## **1 MÉTODO DE ENSINO**

Segundo Schwahn (2007), métodos de ensino são estratégias que auxiliam e facilitam tanto o processo ensino aprendizagem, como favorecem os professores, pelo fato de nortear a construção do conhecimento científico.

Esses métodos surgiram da tentativa das diversas teorias de aprendizagem de sistematizarem o processo de obtenção e construção do conhecimento (MOREIRA, 1999). Traremos, resumidamente, as principais abordagens utilizadas neste trabalho.

### **1.1 Ensino investigativo**

O ensino por investigação é uma abordagem baseada em questionamento, organização de ideias, observação de evidências, explicações baseadas em observação e comunicação.

O ensino investigativo permite ao aluno refletir sobre sua aprendizagem acerca de determinado assunto, buscar uma explicação baseada em suas hipóteses, comparar suas conclusões com a de outros alunos, questionar-se sobre o assunto, organizar os seus pensamentos, confrontar suas deduções com a observação e, por vezes, unir o conhecimento conceitual ao procedimental. Desafiados pelo professor, o aluno passa a analisar problemas de uma forma crítica, a fim de buscar respostas cujas as comprovações estão fincadas nas evidências observadas.

Seria bem audacioso definir um conceito fechado acerca do ensino investigativo. Com efeito, trata-se de um método amplo e diversificado, com vastas formas de aplicações.

Segundo Baptista (2010), em suas análises baseadas em diferentes autores, o ensino por investigação é de difícil definição pelo fato de, para uns, estar ligado a atividades investigativas, enquanto, para outros, trata-se de um processo investigativo. Outros autores associam-no à resolução de

problemas ou ensino por descoberta, e há ainda aqueles que englobam mais do que uma destas perspectivas.

O mais importante é entender como aplicar essa forma de abordagem pois, evidentemente, sua definição é variável e se adequa de acordo com os diferentes fatores com os quais se deve trabalhar. Por exemplo, em escola de ensino primário, essa abordagem poderia acontecer de forma mais sensorial, onde o termo *atividades investigativas* caberia muito bem; já em uma turma de nível mais avançado, onde há a necessidade de pesquisa em livros, obtenção de informações de diversas fontes, o termo adequado seria *processo de investigação*.

Entender como utilizar essa abordagem permitirá ao professor traçar os seus objetivos de forma mais coerente, atentando aos alvos que desejam ser alcançados, sem que se perca o domínio do curso a ser seguido, em meio aos questionamentos e discussões propostas.

Baptista (2010), em sua tese, cita que a relação com a atividade científica está ligada ao fato de que, durante o desenvolvimento da atividade investigativa, os alunos têm a oportunidade de negociar, envolvendo suas capacidades de argumentar, comunicar e partilhar suas ideias, assim como seus resultados, até a chegada de um conhecimento válido.

Essa visão aproxima bastante o aluno de como ocorre a construção do conhecimento científico, e o quanto uma comunidade científica é relevante nesta construção. Além do fato de torná-lo um participante ativo em suas aprendizagens, o aluno passa a valorizar suas descobertas, que o conduz a um conhecimento significativo, de tal forma, que lhe permite argumentar e comunicar suas ideias. ( CARVALHO, A.M.P & GIL-PÉREZ, D,1995)

Para Hodson (1992),o ensino por investigação consiste de atividades que permitem os estudantes utilizar os métodos e processos científicos na investigação de fenômenos e resolução de problemas, aumentando e desenvolvendo seus conhecimentos, além de adquirir uma compreensão mais profunda da atividade científica em si. Ele cita: as investigações tornam-se um método tanto para aprender Ciência como aprender sobre a Ciência (Hodson, 1992, p. 549).



Uma colocação muito perspicaz, foi feita por Carvalho (2013), onde diz,

"Não podemos dizer que temos um "método científico", entretanto temos etapas e raciocínios imprescindíveis em uma experimentação científica, o que a faz diferenciar de uma experimentação espontânea. Uma dessas etapas são a elaboração e teste de hipóteses." (Carvalho, 2013).

Nessa colocação, está ressaltado o caráter da investigação, e o que a diferencia do método científico comum. Considerando que, as descobertas serão feitas não a partir de experimentos espontâneos ou conhecimentos empíricos obtidos na vida cotidiana, onde a base é uma "experimentação cultural", como diria Bachelard; na verdade, essas descobertas provêm de uma experimentação científica bem estruturada sobre processos que ocorrem na natureza, devidamente controlados em um laboratório didático de física.

Diversos fatores irão influir no planejamento de uma abordagem investigativa, sejam estes: a finalidade da atividade, o conteúdo curricular, os recursos a serem utilizados, o nível da turma, o grau de dificuldade do assunto abordado, o tipo de problema, a orientação que necessita ser dada, se a solução possui diferentes caminhos ou um único caminho, a forma como a aula necessita ser conduzida, a duração da atividade, dentre outros.

Por esses e outros motivos sua definição é variável e se adequa de acordo com os diferentes fatores com os quais está a se trabalhar. Abrindo assim margem para diferentes formas de abordagens de um mesmo método.

## 2. Abordagens investigativas

Seguiremos com a apresentação da classificação das atividades da forma proposta por Carvalho (2013), seguido de comparação com a classificação de Azevedo (2006) que utiliza os mesmos critérios, baseados na natureza do problema a ser tratado.

### 1.2.1 Problemas experimentais

Os *problemas experimentais* são descritos por sua própria terminologia, ou seja, como aqueles que serão solucionados experimentalmente. Dentro desta classificação encontra-se o *laboratório aberto* descrito por Azevedo (2006).

O problema lançado deve ser estimulante, a ponto de o aluno se sentir motivado a buscar a solução. Podendo estes serem simples, assim como complexos, desde que a situação apresentada seja clara e motivante. Nos problemas experimentais, a base para a análise e solução do problema deve ser de cunho experimental, de modo a ser um trabalho científico, que permita a comprovação e/ou verificação de um fenômeno.

Nos problemas experimentais, assim como nos demais tipos de problemas, muitas situações podem ser observadas e experimentadas. Cabe ao professor, durante o planejamento da aula, a diligência de prever muitas e, se possível, todas estas situações. O planejamento de uma aula experimental deve ser coerente, de forma que uma situação leve a outra e assim se construa o conhecimento.

Planejar a questão principal, ou questões, a ser tratada na aula é fundamental. Porém, se o professor não estiver precavido a conduzi-los em outras questões que possam surgir no percurso de construção do conhecimento, o curso da aula facilmente pode ser extraviado de forma irremediável, onde impossibilite o retorno aos objetivos principais propostos. Esta negligência pode ocorrer não somente em problemas de cunho experimental, mas também em *demonstrações investigativas*, e *problemas abertos*, que abordaremos a seguir. Porém, como em problemas experimentais a atividade ocorrerá com uma "liberdade" maior, essas situações podem surgir mais facilmente.

A estrutura básica para abordar uma atividade (problema) experimental pode variar de autor para autor. No entanto, existe uma estrutura

comum que compreende as seguintes etapas essenciais: (i) a apresentação de problemas, (ii) o levantamento de hipóteses, (iii) a realização do experimento, que permite a observação e a coleta de dados e, finalmente, (iv) a conclusão, que abrange a análise de dados e a formulação de respostas.

Alguns autores trazem esses pontos mais distintos uns dos outros, como Azevedo (2006); outros de forma mais conjunta, onde um passo abrange mais de um desses pontos e isso pode ser percebido no desenvolvimento de seus trabalhos, como no caso de Carvalho (2013). Façamos então uma comparação entre as propostas dessas duas autoras, Carvalho (2013) e Azevedo (2006).

A estrutura básica de Azevedo (2006), resumidamente, é a seguinte:

1. Proposta do problema: proposição de questionamento que gere uma discussão ampla
2. Levantamento de hipóteses: hipóteses sobre a solução do problema
3. Elaboração do plano de trabalho: definição da maneira como o experimento será realizado. Nesta etapa, o professor deve intervir para que o modo como o experimento será realizado seja coerente com as hipóteses consideradas pelo grupo.
4. Montagem do arranjo experimental e coleta de dados: manipulação do experimento, onde o mesmo é montado e os dados podem ser coletados.
5. Análise dos dados: tradução dos dados obtidos, seja com uso de gráficos, equações ou tabelas. Teste de hipóteses.
6. Conclusão: formulação de uma conclusão geral acerca do problema inicial, considerando as hipóteses e as consequências das mesmas.

Para Carvalho (2013), sua estrutura básica é praticamente a mesma, porém, confere uma liberdade maior ao professor no planejamento da aula:

1. Distribuição do material experimental e proposição do problema.
2. Resolução do problema: inclui todas as ações manipulativas, onde há levantamento e teste de hipóteses.
3. Sistematização dos conhecimentos elaborados pelos grupos: organização para um debate em grupo e sistematização do conhecimento. Carvalho descreve como sendo a etapa de passagem da ação manipulativa para a ação intelectual.
4. Escrever e desenhar: onde há a sistematização individual do aluno.

Observamos então, que a primeira etapa de ambos é igual. As etapas de *Levantamento de hipóteses*, *Elaboração do plano de trabalho*, *Montagem do arranjo experimental* e *Coleta de dados*, propostas por Azevedo, correspondem à etapa de *Resolução do problema*, de Carvalho. A *Análise de dados*, de Azevedo, assemelha-se ao ponto 4 (quatro) proposto por Carvalho, que consiste em *Escrever e desenhar*. Assim como, a *Conclusão* de Azevedo assemelha-se à *Sistematização dos conhecimentos*, sugerida por Carvalho.

Assim, pode-se perceber que há uma estrutura básica comum, a ser seguida no trabalhar com problemas experimentais.

### **1.2.2 Demonstrações Investigativas**

*Demonstrações investigativas* são atividades experimentais onde o professor é quem realiza o experimento. Seja pelo fato do material ser frágil e necessitar de um cuidado maior, ou por ser perigoso, ou por alguma outra situação.

Essas demonstrações devem ser trabalhadas da mesma forma que os *problemas experimentais*, desenvolvendo uma investigação acerca do experimento que vai ser realizado, embora quem realize, neste caso, seja o professor.

Nelas, o professor lança questionamento; os alunos propõem hipóteses, observam a demonstração, coletam e analisam os dados, concluindo com uma sistematização do conhecimento em grupo ou individualmente.

Deve-se atentar que, nas *demonstrações investigativas*, apesar do experimento ser realizado pelo professor, os alunos devem propor alterações nos parâmetros do experimento. Desde que seja viável, o professor deve realizar essas alterações, afim de que os dados sejam coletados e as hipóteses propostas pelos alunos possam ser testadas.

As demonstrações experimentais permitem ao professor uma avaliação constante da turma e dos alunos individualmente, remediando entendimentos equivocados. No entanto, por mais atento que seja o professor neste processo, certos equívocos de alguns alunos podem passar despercebidos, de forma que, para estes, suas concepções equivocadas podem prevalecer.

A estrutura básica da aula investigativa proposta por Carvalho (2013) auxilia na correção desses equívocos, ainda que sejam somente trabalhados em aulas posteriores.

O interessante na estrutura básica proposta por Carvalho (2013) é a colocação de uma sistematização em grupo para averiguar o senso comum sobre as conclusões obtidas, seguida de uma sistematização individual, onde permite ao professor avaliar aquilo que não compreenderam ou não alcançaram, assim como os demais.

### **1.2.3 Problemas não-experimentais**

Os *problemas não experimentais*, propostos por Carvalho (2013), são classificados por Azevedo (2016) como *questões abertas* e *problemas abertos*. Esta forma de abordagem assemelha-se aos problemas de aulas convencionais, adaptados à aprendizagem de novos conceitos ou à recapitulação e fixação de definições passadas em sala.

Esses *problemas não experimentais*, abrangem desde questões relacionadas ao dia-a-dia do aluno (*questões abertas*), a situações com diversos fatores envolvidos (*problemas abertos*), onde situações de contorno devem ser analisadas. Alguns recursos podem ser utilizados para o enunciado dos problemas, tais como figuras, vídeos, tabelas, gráficos, e textos, ou até mesmo problemas já propostos em livros.

No âmbito do ensino por investigação, esses problemas não diferem das demais atividades, pois os alunos deverão questionar, observar e extrair “algo” através da sistematização do conhecimento. Este “algo” pode ser um conceito que ficou mal-entendido, uma definição ou princípio mal interpretados, a fixação daquilo que já havia sido compreendido e interpretado de forma satisfatória, ou a aprendizagem de novos conceitos, princípios e leis.

### **1.3 Método P.O.E**

Uma abordagem utilizada no ensino de Ciências, é o método chamado P.O.E (Predizer, Observar e Explicar). Este instrumento é semelhante a metodologia proposta por Nedelsky (1961) para o ensino e avaliação no laboratório de Física.

Esse método permite a construção do conhecimento por meio de conflitos cognitivos, tornando a obtenção de informações mais rápida e, por vezes, simples. O método P.O.E envolve o aluno na discussão dos conceitos que estão sendo trabalhados, a partir de questionamentos, colocando situações motivadoras e intrigantes. Permite ainda mapear as ideias que os alunos apresentam e que não coincidem com os saberes científicos. Estas ideias podem ser intuitivas (prévias) ou promovidas durante o próprio processo de aprendizado.

No P.O.E, como o próprio nome já diz, três ações são realizadas à medida que uma situação-problema é apresentada aos alunos. Quando aplicado ao uso de simulações computacionais, tal como neste trabalho, um problema é apresentado e cabe aos alunos buscar uma solução (DORNELES,2006). Esse processo de busca é conduzido através de três momentos:

1. Predizer: nesta ação, no caso de uma simulação, cabe ao aluno prever os resultados sem que haja uma interação com o sistema. Isto permitirá ao aluno buscar soluções explorando seu conhecimento acerca do assunto, apresentando previsões com base em seu raciocínio e confrontando suas previsões com as de outros. Dando origem a discussão grupal na disputa pela defesa da previsão.
2. Observar: nesta ação, o aluno observa o que de fato acontece no sistema, na simulação neste caso. Ao executar a simulação, o aluno é levado a observar se suas previsões são compatíveis ou contradizem a realidade virtual que acaba de ser realizada e visualizada. Nesta etapa, o aluno descreve suas observações de forma direta e levanta informações que contribuirão para o próximo passo.
3. Explicar: neste último momento, o aluno deve buscar explicações sobre as divergências entre as suas previsões e os resultados observados, buscando enfim compatibilizar as suas previsões com a observação. Aqui, pode ocorrer o confronto de suas eventuais concepções alternativas com o conhecimento científico. Neste processo, um resultado mais próximo do científico pode ser formulado.

Cabe ao professor interferir em todos esses momentos, a fim de dirigir o aluno a um caminho correto, porém, sem que ultrapasse os limites de interferência, ou seja, de forma a evitar que os resultados sejam mais provenientes de colocações feitas pelo professor do que pelos próprios alunos. O mais interessante é que, pelo fato de promover segurança quanto às possibilidades de contribuir com ideias relevantes, os alunos sentem-se motivados. Neste sentido, a interferência do professor de forma impertinente pode atrapalhar também neste aspecto.

Há outro ponto que também deve ser levado em consideração. Com efeito, no desenvolvimento dessa atividade, os alunos tendem a querer responder apressadamente de forma correta ao problema lançado. Desta forma, os mesmos podem recorrer diretamente para a observação antes de tentarem prever como ocorrerá. Cabe ao professor atentar durante a aula para que isso não ocorra.

#### **1.4 Simulação como ferramenta no ensino**

As aulas convencionais veem sendo, durante muito tempo, criticadas por diversos aspectos. O papel do professor, de conduzir o aluno à aprendizagem do conteúdo, tem se tornado cada vez mais complicado, exigindo-se deste estratégias diversas com a finalidade de chamar a atenção do aluno para o conteúdo que está sendo abordado.

Nossos alunos, hoje, estão permanentemente em contato com diferentes recursos tecnológicos, como celulares inteligentes, tablets, computadores, dentre outros, todos com diversas possibilidades de comunicação, especialmente pela Internet. Esta realidade é tão habitual que o ambiente escolar não pode mais ver-se ausente dessas tecnologias. Neste sentido, as escolas têm modernizado seus equipamentos de sala de aula, inserindo esses aparatos tecnológicos, e utilizando-os a favor do processo de aprendizagem, uma vez que a escola não pode e não deve ficar alheia a essa modernização(MACÊDO,2012).

Neste meio, não poucas vezes os quadros brancos são trocados por lousas digitais, os livros físicos por materiais digitais, assim como os laboratórios

experimentais são substituídos por *laboratórios virtuais*, ou seja, por simulações. Estas permitem um melhor aproveitamento do tempo em sala de aula, cativam a atenção do aluno pelo visual e permitem que se realizem experimentos bem controlados, alguns impossíveis de serem realizados de forma concreta, seja pelas condições necessárias, seja pelas dificuldades orçamentárias de infraestrutura da escola. Neste bojo, sobressaem-se os experimentos em FMC, difíceis de ser encontrados até mesmo em universidades.

Obviamente, a simulação não é tão melhor que o experimento real, e quando tratamos de situações fáceis de serem experimentadas, o real seria muito mais contundente. Afinal de contas, o experimento físico, feito por objetos concretos, está mais próximo da realidade, ainda que bastante controlado. Com efeito, em experimentos reais, o aluno teria contato com fatores que o ambiente virtual não possibilita, por se tratarem de ambientes bem mais complexos. Medeiros e Medeiros (2002) expressa a preocupação pela substituição do laboratório real pelo virtual:

“As modernas técnicas computacionais têm tornado as representações visuais e simulações computacionais fáceis e verdadeiramente espetaculares. Ao mesmo tempo, contudo, elas têm criado uma tendência perigosa de um uso exagerado de animações e simulações considerando-as como alternativas aos experimentos reais, como se tivessem o mesmo status epistemológico e educacional” (MEDEIROS; MEDEIROS, 2002, p. 80)

Entendemos que todo recurso didático tem suas vantagens e desvantagens. Cabe ao responsável pela administração da sala de aula e do recurso a ser aplicado sua atenção no transcorrer da aula, estando ciente das limitações pedagógicas envolvidas.

Porém, quando tratamos de FMC, concordamos com Pietrocola e Brockinton (2003) que afirmam que a maioria dos experimentos são inviáveis em laboratórios escolares e o uso de simulação contorna muito bem esta situação. Com efeito, as simulações permitem o aprendizado de conceitos complexos que, mesmo explicados com riqueza de



detalhes de forma oral, não surtir o efeito que a visualização animada de objetos simbólicos e gráficos irá proporcionar. (ARAÚJO e VELT, 2009) Vale aqui citar o fato anedótico vivenciado pelo Prêmio Nobel Carl Wieman, que se admirou pelo poder didático das simulações em explicar os aspectos complexos de seus estudos, mesmo até para leigos em física, a ponto de fundar o projeto *PhET Interactive Simulations*, um repositório repleto de simulações interativas em ciências e matemática. Neste trabalho, utilizamos um simulador do projeto.

O uso didático de simulações interativas permite a observação de sistemas físicos com a possibilidade de alterar parâmetros e analisar suas mudanças. Neste sentido, sugere ao aluno que ele formule hipóteses e teste cada uma delas. Permite ainda a verificação de conceitos, desconstrói conceitos espontâneos errôneos e possibilita a descoberta. Proporciona situações pedagógicas que, quando abordadas de forma planejada, permitem ao aluno a contextualização do conhecimento abstrato com uma experiência visual animada.

Finalizamos este ponto com uma colocação de Pietrocola e Brockinton (2003):

“Uma simulação é capaz de traduzir o que é “impossível” de ser feito com palavras e, no caso da Física Moderna e Contemporânea, pode reproduzir o que não pode ser feito em laboratório [...] Assim, o aluno, mesmo sendo incapaz de fazer ou compreender a sofisticação matemática envolvida em um determinado experimento ou fenômeno, pode usar a simulação e entender a Física ali apresentada“ (PIETROCOLA e BROCKINTON, 2003, p 4).

## 2 METODOLOGIA

A Física Moderna e Contemporânea - FMC encontra-se presente em todo contexto do mundo moderno. Por vezes, o ensino da mesma tem sido negligenciado nas escolas de ensino médio regulares, principalmente ao tratar de situações experimentais.

Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio - PCNEM, em suas competências e habilidades a serem desenvolvidas pelos alunos em Física, encontramos as seguintes diretrizes para o ensino da Física: (1) *“Reconhecer o papel da Física no sistema produtivo, compreendendo a evolução dos meios tecnológicos e sua relação dinâmica com a evolução do conhecimento científico”*; (2) *“Construir e investigar situações-problema, identificar a situação física, utilizar modelos físicos, generalizar de uma a outra situação, prever, avaliar, analisar previsões”*.

Sabemos, porém, que as escolas encontram diversas dificuldades quanto ao cumprimento destes parâmetros, estabelecidos pelo próprio sistema educacional do Estado, que lança o desafio sem que seja fornecido, na maioria das vezes, os recursos necessários, tanto para uma infraestrutura material adequada, bem como para uma formação continuada dos professores.

O nosso desejo, enquanto professor, vai ao encontro destes parâmetros quando queremos que nossos alunos cresçam em conhecimento e, aos poucos, criem um saber científico que lhes permita olhar o mundo atual com novos olhos. (BORRAJO, 2017)

Entendemos que tem-se um objetivo bem mais complexo e que certamente não poderia ser alcançado em uma só aula. Porém, apresentamos e acreditamos no ensino por investigação, como um dos métodos que possibilitará aos alunos a expansão dos seus horizontes. Construindo saberes principalmente por meio da observação e experimentação, uma vez que esta abordagem abrange bem mais além que estes dois processos.

Traremos a seguir de forma resumida, uma descrição da (i) relação entre abordagem, recurso didático e o método empregado; (ii) da escola onde

houve a aplicação deste trabalho; (iii) do conteúdo abordado; (iv) do simulador utilizado e da (v) intervenção em sala.

## **2.1 A abordagem, o método e recurso didático**

Comumente negligencia-se a coerência entre a abordagem, o método e os recursos didáticos utilizados em sala de aula, levando o professor a perder-se na sala de aula antes mesmo da aula iniciar. Ainda que se tenha preparado uma aula concisa e com objetivos e conteúdo bem planejados, a coesão entre a abordagem, o recurso didático e o método é primordial.

Buscamos então fazer uma relação coerente entre a abordagem, o método e o recurso didático, com os recursos disponíveis, buscando a motivação e participação ativa dos alunos, sem detrimento do conteúdo.

O método utilizado foi o de ensino investigativo, com o uso de um simulador aplicado segundo o método POE, para abordar o fenômeno do Efeito Fotoelétrico.

Não propomos que o ensino investigativo venha a ser aplicado em todas as aulas ministradas doravante. Mas, apesar de dedicar mais planejamento, aulas deste tipo permitem a formação de uma base conceitual sólida, sobre o qual a professor seguramente será capaz de conduzir os alunos a construir novos conceitos.

Deste modo, propomos que sempre que possível essa forma de abordagem deva ser utilizada, pois adequa-se tanto a aulas experimentais quando a aulas de caráter mais teórico.

## **2.2 O conteúdo**

O conteúdo abordado foi acerca do Efeito Fotoelétrico, que é um fenômeno de vasta aplicação no mundo moderno, indo desde a projeção de imagens até a iluminação pública.

Uma aula de cunho investigativo, onde ocorrem questionamentos, exige a necessidade de alguns conhecimentos prévios para que possibilitem a compreensão do que está sendo passado.

Os níveis de conhecimento dos alunos certamente são diferentes entre si, então fez-se necessário, antes de questionar sobre qualquer conceito, um resumo rápido, apresentado de forma objetiva, preparando-os para um raciocínio coerente. Essas revisões permitem deixar a turma em certa regularidade, para que todos estejam alinhados a nível de conteúdo.

Neste contexto, conceitos como força de atrito, energia, trabalho, corrente elétrica, luz, onda, dentre outros, que seriam necessários para a aula foram apresentados aos alunos. Conceitos da Mecânica foram tratados previamente através da aplicação de um experimento bastante simples; outros conceitos, da Eletricidade e da Ótica, foram abordados de forma expositiva, como está descrito no Plano de Aula (Apêndice B), bem como seus objetivos e desenvolvimento detalhado da aula.

### 2.3 A escola

As aulas foram aplicadas com alguns alunos do Terceiro Ano do Ensino Médio da Escola de Ensino Fundamental e Médio Presidente José Sarney (E.E.F.M. PJS), localizada no bairro Araturi, município de Caucaia. A Figura 1 mostra a fachada de entrada da escola.

A aula foi aplicada em dois dias e locais diferentes. Assim, a primeira aula foi realizada no laboratório de práticas experimentais e a segunda aula foi aplicada no laboratório de informática.

Havia limitações quanto à quantidade de alunos no laboratório de informática, pois somente quatro computadores estavam aptos a executar o simulador.



Figura 1: Foto da entrada da escola Presidente José Sarney  
Fonte: <https://sites.google.com/site/escolapjs/>

## 2.4 O simulador

Buscamos então, como recurso didático, utilizar o laboratório virtual, para mostrar que é possível a visualização de efeitos da Física Moderna e Contemporânea - FMC sem aparatos caríssimos e, por isto, inexistentes ou escassos em laboratórios didáticos de física no Ensino Médio. Assim, acreditamos que os conceitos envolvidos no Efeito Fotoelétrico podem ser desenvolvidos passo a passo através de um recurso motivante e interativo, sem que se faça apelo a definições áridas meramente expositivas.

O simulador computacional escolhido para a atividade experimental virtual "Efeito Fotoelétrico" (versão 1.10) está disponível no sítio eletrônico do *PhET – Interactive Simulations*, projeto que faz parte da Universidade do Colorado que disponibiliza uma coleção de simuladores para as ciências, a Física, a Química e a Biologia, e está disponível em diversos idiomas. Esta simulação está disponível em Java, com acesso em [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/legacy/photoelectric](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/photoelectric), e pode ser baixada para o uso sem Internet. A imagem abaixo apresenta o simulador do PhET utilizado.

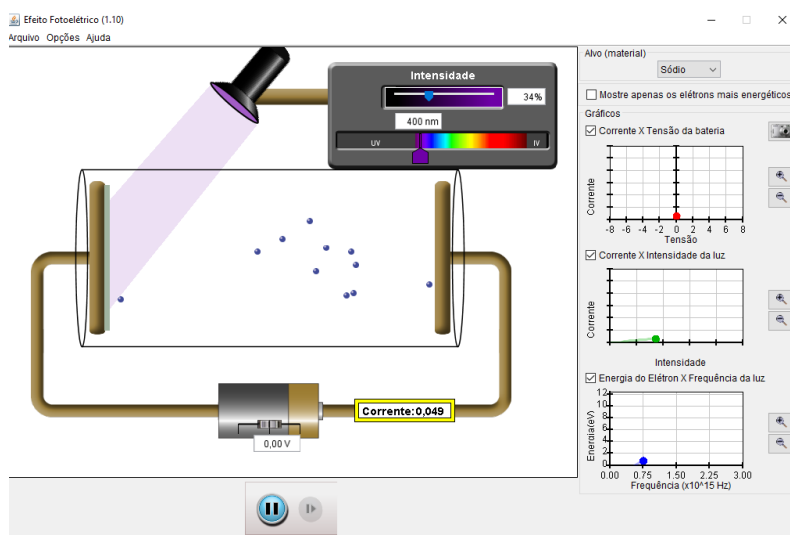


Figura 2: Simulador Efeito fotoelétrico do PhET.

## 2.5 Intervenção em sala

Nossas intervenções foram feitas em contraturno, ou seja, em horário sem aulas regulares para aqueles alunos. No entanto, por se tratar de um horário

alternativo, poucos alunos se dispuseram a participar da aplicação da aula. Com efeito, contamos com a participação de 12 (doze) alunos ao total.

Como abordamos um assunto novo para aqueles alunos, não foi possível a aplicação deste assunto em somente uma hora-aula. Assim, foram necessárias três horas-aula divididas em dois dias, sendo que as duas últimas horas-aula aconteceram no segundo dia e envolveram somente uso do simulador.

No Plano de Aula (Apêndice B) estão incluídos, os objetivos, as abordagens, metodologia, toda a descrição procedimental, recursos e avaliação que foi seguido pelo professor.

#### **a) Primeira aula: o uso da analogia**

Esta primeira aula foi realizada no horário noturno, com apenas seis alunos. Conceitos básicos como movimento, força, força de atrito, energia e trabalho, foram apresentados. Ao longo da aula, frisamos os conceitos mais importantes, revisando-os até à percepção de que os alunos haviam compreendido.

Ainda neste dia, fizemos uma analogia (SILVA,2015) com o uso de tampinhas de garrafas PET, com a turma dividida em duplas. Conceitos como movimento, velocidade, força, energia e trabalho foram abordados através da análise deste experimento. Este experimento desempenhou um papel importante ao criar uma relação análoga com o Efeito Fotoelétrico, como será descrito posteriormente.

Esta primeira aula foi utilizada como uma etapa de contextualização. Foi breve e introdutória, com conceitos básicos, mas necessários para um bom entendimento do restante do conteúdo que viria a frente.

#### **b) Segunda aula: o uso do simulador**

Esta aula foi realizada no período da tarde e contou com a participação de doze alunos divididos em grupos de três. Nela houve uma atividade investigativa com o uso do simulador seguindo o método POE. Um

aluno de cada grupo foi escolhido para relatar as colocações do grupo em cada etapa do POE. Estes alunos serão doravante denominados de *relatores*.

Antes de iniciarmos um conteúdo que necessitasse de um pré-requisito para o seu entendimento, fizemos revisões sucintas desses pré-requisitos. Em seguida, trabalhamos com os questionamentos de acordo com a sequência do método POE, ou seja, instigamos inicialmente os alunos a predizer uma solução aos questionamentos, a observar em seguida os resultados da simulação e obter, por fim, suas conclusões. Ao final de cada etapa, pedimos aos relatores que expusessem suas conclusões a fim de gerar um debate entre eles.

Solicitamos que os relatores anotassem a predição, observações pertinente ao fenômeno, bem como as conclusões obtidas, em um relatório (ver Apêndice A).

Ao final da atividade investigativa, concluimos a aula com a explanação formal sobre o Efeito Fotoelétrico, explicando os aspectos principais do fenômeno e sua relevância para o desenvolvimento tecnológico e social. Chamamos a atenção dos alunos sobre a proximidade entre as conclusões finais obtidas por estes e a formulação científica.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo apresentaremos e discutiremos os resultados obtidos ao aplicar o Plano de Aula (ver Apêndice B) com alunos do Terceiro Ano do Ensino Médio, utilizando a metodologia descrita acima.

#### 3.1 Primeira aula: o uso da analogia

A aula foi planejada de modo a ser um problema experimental, cujo objetivo era a compreensão de um processo de colisão, para a inserção de alguns conceitos físicos que seriam pré-requisitos no desenvolvimento de uma atividade investigativa sobre o Efeito Fotoelétrico.

Observamos a necessidade de expor alguns conceitos, pois os alunos demonstravam não possuir o conhecimento necessário acerca de determinados assuntos da Física, ainda que os mesmos fossem alunos de Terceiro Ano do Ensino Médio. Estes conceitos seriam necessários tanto para esta aula como para a próxima.

A aula foi dividida em dois momentos: o primeiro foi dedicado à exposição de conceitos; o segundo envolveu uma pequena experiência com tampinhas de garrafa PET para servirem como analogia ao Efeito Fotoelétrico.

No primeiro momento, questionamos os alunos se a célebre frase cunhada por Lavoisier "*Nada se ganha, nada se perde, tudo se transforma*" poderia ser aplicada ao conceito de energia. As principais colocações dos alunos foram as seguintes:

- "*Acho que não se aplicam, por exemplo, se estivermos falando de energia elétrica principalmente. Porque pilhas descarregam então essas energias são perdidas.*"
- "*Acho que sim, se estivermos falando de energia total.*"
- "*Não sei bem explicar mas acho que sim.*"

Observamos, pelas colocações acima, uma dificuldade do alunos acerca do entendimento do conceito de energia. Esta frase nos permitiu fazer um diagnóstico neste sentido. Assim, ficou claro que o conceito de energia



deveria ser trabalhado, como de fato fizemos. Questionamos ainda em quais situações seria necessário o uso de energia. Abaixo, as falas de dois alunos:

- *"Sempre que necessário realizar uma ação, necessitaremos de energia."*
- *"Capacidade de realizar uma ação."*

Trabalhamos em seguida conceitos de Trabalho, Força e Movimento.

No segundo momento da aula, inicialmente, dividimos os alunos em duplas. Solicitamos, neste momento, que um destes alunos fosse o relator, este apresentaria oralmente todos os resultados obtidos. Percebemos que seria necessário padronizar um relatório. Então, este procedimento passou a ser adotado na aula posterior.

Após a organização da turma, prosseguimos com a realização da experiência de analogia, realizada com as tampinhas. As figuras 3 e 4 mostram este momento. Lançamos então dois questionamentos: ***Como a tampinha B, que está parada, conseguirá entrar em movimento? Quais as condições necessárias, em relação ao impulso dado à tampinha A, para que esta colida com a tampinha B e a faça ultrapassar o marco?*** (ver Apêndice B).

Ao final da investigação das duplas, com duração de cerca de dez minutos, o relator de cada dupla expôs, para a turma, quais foram os resultados e as conclusões chegadas com a atividade. Destacamos as conclusões obtidas, pois estas representam a opinião comum da turma, como segue:

- *"Quando a tampinha A bate na tampinha B, ela transfere energia e faz com que a outra produza uma velocidade, se movimentando. "* (Dupla 1)
- *"Ela transfere energia para a outra, transfere movimento. "* (Dupla 2)
- *"O impulso precisa ser maior que o atrito da tampinha com a bancada. "* (Dupla 3)



Figura 3: Foto durante a execução da experiência das tampinhas pela Dupla 1.



Figura 4: Foto durante a execução da experiência das tampinhas pela Dupla 3

Sugerimos que, neste momento, o professor circule entre os grupos, ainda que não interaja com eles, para verificar o comprometimento dos mesmos com a atividade. Verificamos um envolvimento satisfatório dos alunos, principalmente nos debates, ainda que os mesmos não estivessem acostumados com uma linguagem científica.

Mostramos a seguir algumas colocações interessantes feitas pelos alunos. O aluno A destacou a *transferência de movimento*. Já o aluno B, frisou a dificuldade de ultrapassar o marco se não for fornecido energia suficiente. O aluno C, colocou como a força de atrito prejudica o movimento. As colocações feitas foram:

- “*Olha que legal, eu consegui fazer uma tampinha ficar parada e a outra se movimentar após a colisão.*” (Aluno A)
- “*Quanto menos força, mais difícil fica de alcançar o marco final.*” (Aluno B)
- “*O atrito com a bancada atrapalha o movimento da tampinha.*” (Aluno C)

Após as apresentações orais, fizemos uma síntese das considerações apresentadas por cada dupla, buscando guiá-los a um entendimento comum, mostrando aspectos contraditórios e coerentes nas considerações feitas.

Esta aula teve duração de 40 minutos.

### 3.2 Segunda aula: o uso do simulador

Buscamos com essa aula analisar três pontos principais, através de questionamentos. São estes:

- a ocorrência do Efeito Fotoelétrico;
- a influência da frequência da luz no Efeito Fotoelétrico;
- a influência da intensidade luminosa no Efeito Fotoelétrico.

Solicitamos que a turma se dividisse em quatro grupos de três alunos. Cada grupo, com um aluno para relatar as etapas do processo (predição, observação e conclusão), o relator. Entregamos um relatório em folha de papel A4 a ser preenchido.

Antes de iniciarmos as atividades desta aula, recordamos as conclusões acertadas na aula anterior. Pedimos que os alunos, a cada questionamento, buscassem recordar aquelas conclusões, a fim de buscar soluções coerentes.

Após a organização dos grupos e entrega do relatório aos relatores, lançamos o seguinte questionamento: ***O que ocorreria ao incidir um feixe de luz sobre elétrons, que são partículas presentes na matéria?***

Requisitamos que os grupos elaborassem predições sobre uma possível explicação ao questionamento que havia sido lançado. A Figura 5 representa um desses momentos. Essas predições foram apresentadas à turma e confrontadas.

Inicialmente, notamos que alguns alunos imaginaram que ocorreria uma *explosão*, como os grupos 1 e 4 colocaram. Observamos, ainda assim, que estes alunos fizeram alguma relação com o conceito de energia, pois explosão envolve energia.

Com a experiência das tampinhas, os alunos possuíam uma analogia ao problema. Ainda que não pudessem prever a movimentação do elétron, o fato de a energia ser transmitida poderia ser previsto, como o grupo 3 bem colocou (ver Tabela 1).

Neste momento, o docente deve ser muito cuidadoso ao intervir nessas previsões. De fato, a situação ainda não foi observada no simulador e tenta-se prever uma possível resposta, onde esta será futuramente confrontada na turma.

Após este momento, apresentamos a simulação aos alunos, bem como todos os seus componentes, sendo estes: seletores de comprimento de onda e intensidade da luz, visualizador de gráficos, o elementos do experimento em si (catodo, anodo, fonte de luz), seletor de materiais que podem ser utilizados, etc. Propomos então, um momento de observação, onde o professor os direcionava quanto aos parâmetros a serem alterados. A Figura 5 mostra este momento. Todos os parâmetros do simulador estão descritos no Plano de Aula (ver Apêndice B).

Logo em seguida, finalizamos com a formulação de uma resposta de consenso na turma, requestando dos alunos os pontos onde a observação concorda ou discorda de suas previsões.



Figura 5: Momento de discussão para previsão.

Na Tabela 1 abaixo, apresentamos as previsões, observações e as conclusões ao questionamento feito: ***O que ocorreria ao incidir um feixe de luz sobre elétrons, que são partículas presentes na matéria?***

<b>Grupo</b>	<b>Previsão</b>	<b>Observação</b>	<b>Conclusão</b>
<b>1</b>	<i>“Elas refletiriam uma com a outra, colidindo e dando efeito de explosão uma com a outra. “</i>	<i>“Observa-se uma fonte de luz sobre a matéria. “</i>	<i>“Depois da colisão os elétrons se movimentam. ”</i>
<b>2</b>	<i>“Que eles se choquem um com o outro causando alguma reação positiva ou negativa. ”</i>	<i>“Parte do ponto inicial ao ponto final. “</i>	<i>“Impacto causando um reação. “</i>
<b>3</b>	<i>“A energia será transferida. “</i>	<i>“Quando em contato com os elétrons (os fótons), os mesmos se movimentam. ”</i>	<i>“Após a colisão e o movimento, eles geram uma corrente (elétrons). ”</i>
<b>4</b>	<i>“Vai acontecer uma explosão, no caso seria uma explosão de força. Porque a luz vai causar uma força maior na matéria. “</i>	<i>“Os elétrons se movimentam. “</i>	<i>“Os fótons transmitem uma força de domínio para os elétrons. “</i>

Tabela 1: Transcrição dos relatórios dos grupos ao primeiro questionamento lançado.

Algumas colocações verbais que foram colocadas em sala de aula não constam na Tabela 1. Considerando a importância destas colocações como reflexos de seus aprendizados, citamos abaixo algumas delas:

*“Os fótons desaparecem após a colisão.” (Grupo 3)*

Essa colocação foi importante, porque realçou o fato dos alunos poderem observar que, na colisão, o fóton cedia toda a sua energia, embora o elétron não fosse ejetado. Isto evidenciava que havia uma energia mínima necessária a ser cedida.



Figura 6: Observação da simulação do experimento virtual.

Uma outra colocação chamou atenção, quanto ao que se pretendia dizer com a expressão *força de domínio*, descrita pelo Grupo 4. Foi questionado ao relator, o significado deste termo atribuído pelo grupo. Sua resposta foi a seguinte:

*“ Como se os elétrons fossem dominados pela energia transmitida pelos fótons. Assim que um colide o outro é movimentado. ”*

Entendemos que, com esta colocação, o aluno objetivou formular a seguinte afirmação: *Os elétrons são ejetados à medida que os fótons são lançados.*

Compreendemos ser esta uma colocação pertinente, pois representa uma tentativa de encontrar um termo apropriado para a descrição do fenômeno, termo este que não apresenta um formalismo científico. Demonstra, por parte do grupo, uma observação correta e a preocupação em utilizar palavras adequadas. Observaremos este comportamento do Grupo 4 até o último questionamento lançado, ou seja, com colocações incomuns de linguagem inusitada.

A defrontação permitida neste método é muito interessante, pois os alunos colocam as predições e comparam com suas observações. Nesta intervenção, alguns grupos perceberam que suas conclusões eram condizentes com o que eles haviam previsto. Outros mudaram suas perspectivas.

Este primeiro questionamento, em todas suas etapas, durou cerca de 35 minutos.

Teceremos agora comentários sobre a segunda etapa de questionamentos. Alguns grupos não anotaram suas observações, apesar de terem expressado oralmente algumas delas.

O questionamento lançado foi o seguinte: ***O que acontece se alterarmos o comprimento de onda? Existe uma energia mínima para o efeito acontecer? Porque?***

Procedemos o tratamento deste questionamento da mesma forma que o anterior: etapas de predição, observação e conclusão. Relatamos as anotações feitas pelos alunos na Tabela 2, que segue:

<b>Grupo</b>	<b>Previsão</b>	<b>Observação</b>	<b>Conclusão</b>
<b>1</b>	<i>“A variação do número de elétrons, depende do comprimento de onda. Existe uma energia mínima. ”</i>	<i>“Existe um efeito inverso de comprimento de onda e energia. ”</i>	<i>“Quando diminui o comprimento de onda a energia aumenta e quanto menor a frequência maior a energia. ”</i>
<b>2</b>	<i>“Se aumentar o comprimento de onda, a energia reduzirá; se o reduzir o comprimento de onda a energia aumentará. Sim. “</i>		<i>“A nossa previsão estava correta”</i>

3	<i>“Maior comprimento, menor energia. Sim, a energia precisa ser maior do que a força que o prende. ”</i>	<i>“Os elétrons são movidos em diferentes velocidades e por cargas diferentes. ”</i>	<i>“A nossa previsão ficou confirmada. Quanto menor o comprimento de onda maior a energia. ”</i>
4	<i>“Os elétrons não vão ser lançados se alterar o comprimento de onda. Sim, porque cada fóton gera uma reação, seja de se movimentar ou não. “</i>		<i>“Quanto menor a energia das ondas, mais elétrons e a frequência aumenta. “</i>

Tabela 2: sequência POE da segunda etapa de questionamentos.

Traremos agora as observações que foram colocadas oralmente pelos alunos em sala de aula:

- Elétrons são ejetados com diferentes velocidades. (Grupo 3)
- Quando a frequência da luz aumenta, a energia dos elétrons aumenta, e quando comprimento de onda diminui, a energia aumenta. (Grupo 2)
- Existe uma frequência limite que, abaixo dela, os elétrons não são ejetados e, acima, os elétrons são ejetados com uma maior velocidade, à medida que ela aumenta. (Grupo 3)
- Diferentes materiais possuem diferentes valores de frequências limites. (Grupo 4)

Ressaltamos aqui, um aspecto interessante ocorrido nessa etapa. Apesar de induzirmos os alunos à alteração de apenas alguns parâmetros do simulador, o Grupo 3 observou um fato que fugia ao que havia sido proposto. Com efeito, este grupo notou a bateria no simulador que, quando alguma voltagem é gerada por ela, as placas ficam polarizadas. Ao alterarem a voltagem da bateria (a alteração deste parâmetro não havia sido indicada), observaram



esta polarização e a variação do sentido de movimentação dos elétrons quando as placas trocavam a polaridade. Fizemos uma explicação acerca desse fato, servindo esse acontecimento para reforçar a necessidade do professor de precaver-se a eventuais questionamentos como este.

Em suas conclusões, observamos que os alunos deram uma atenção maior para a primeira pergunta desta etapa, pois negligenciaram o restante do questionamento. Cremos que isso se deve ao fato de que concordavam acerca da existência de uma energia mínima, mas não sabiam explicar o porquê disto.

O Grupo 4 fez uma colocação equivocada, porém comum. Esta relacionava a frequência da luz com a quantidade de elétrons ejetados, como relatado na Tabela 2. Presumimos que a observação desatenta da simulação permitiu este equívoco.

Confrontamos este grupo ao propor uma atividade em que: (i) ao fixar a intensidade da luz e alterar seu comprimento de onda, os alunos deveriam observar os elétrons sendo ejetados com maior energia cinética; (ii) ao fixar o comprimento de onda e alterar a intensidade da luz, os alunos deveriam observar o maior número de elétrons ejetados.

No entanto, apesar do equívoco relatado acima, apenas um grupo tentou explicar na etapa Previsão. Sua colocação foi importante, porque evidenciou o quanto a realização da experiência de analogia na aula anterior foi benéfica. Destacamos sempre a importância de comparar as previsões com as conclusões.

Na terceira etapa, os deixamos livres para alterar quaisquer parâmetros. Solicitamos somente o POE das seguintes questões.

***Se alterar a intensidade da luz o fenômeno ainda irá ocorrer? Será que a velocidade dos elétrons é influenciada pela alteração na intensidade?***

Como resultado, alcançamos estes descritos na Tabela 3.

<b>Grupo</b>	<b>Previsão</b>	<b>Observação</b>	<b>Conclusão</b>
<b>1</b>	<i>“Sem intensidade não há fótons e se alterar a intensidade pode. “ influenciar a velocidade dos elétrons</i>	<i>“A intensidade não influencia na velocidade dos elétrons ejetados, o comprimento de onda influencia na velocidade. “</i>	<i>“A intensidade influencia na quantidade dos elétrons. “</i>
<b>2</b>	<i>“Provavelmente sim, pois toda ação gera uma reação. ”</i>	<i>“A intensidade altera a quantidade do número de fótons. ”</i>	<i>“A intensidade altera a quantidade dos elétrons e o comprimento de onda a velocidade. “</i>
<b>3</b>	<i>“Se alterar a intensidade da luz consequentemente vai alterar a movimentação dos elétrons. ”</i>	<i>“A intensidade não altera a velocidade dos elétrons. ”</i>	<i>“A intensidade altera o número de fótons. ”</i>
<b>4</b>	<i>“Sim, independente de alterar a intensidade sempre vai acontecer. Sim, mas tem a ver com a alteração das ondas. “</i>	<i>“De acordo que a intensidade aumenta, os elétrons se amplificam mais. “</i>	<i>“De acordo que a intensidade aumenta, os elétrons se amplificam mais. “</i>

Tabela 3: sequência POE da terceira etapa de questionamentos.

O mais interessante desta última etapa é que todos os grupos notaram a discrepância entre suas previsões e conclusões. O Grupo 1 colocou da seguinte forma:

*Modificou a minha resposta, pois a velocidade não depende da intensidade; percebia que quando aumentava o comprimento de onda ela diminuía. (Grupo 1)*

Muitas observações sobre estes questionamentos já haviam sido feitas, tanto que, quando expomos as conclusões que já haviam sido obtidas, rapidamente as suas respostas mudaram. Abaixo, observações adicionais feitas pelos grupos ao longo das sequências POE que já respondiam a estes questionamentos:

- A intensidade altera o número de fótons lançados, gerando assim uma corrente maior (resultado da primeira etapa).
- À medida que a frequência se torna maior que um certo limite, os elétrons são ejetados com uma maior velocidade (resultado da segunda etapa).

No final da aula, expomos o nome do fenômeno observado que até então eles estudavam sem conhecê-lo. Fizemos uma síntese da aula com a turma, especialmente daquilo que os alunos haviam compreendido sobre o assunto em tela. Descrevemos o fenômeno com base nas observações feitas durante o experimento virtual.

Foi um momento bastante interessante, pois permitia aos alunos compreender melhor o que ainda estava oculto. Eles demonstraram interesse, até mesmo pela formalização matemática da equação principal da energia cinética dos elétrons ejetados, que relaciona a energia dos fótons com o trabalho realizado para desprender os elétrons do material. Depois disto, a aula foi encerrada. Esta aula teve uma duração de 1 hora e 40 minutos e conseguimos prender a atenção dos alunos do começo ao fim.

Como dito, as aulas foram realizadas em dois dias. Percebemos, porém, que a segunda aula ficou muito extensa. Sendo assim, caberia a divisão da segunda aula em duas partes, para que fosse adequada ao horário escolar convencional, de modo a não se tornar algo exaustivo.

## 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Algumas considerações serão feitas acerca dos resultados obtidos. Primeiramente, observamos que desfrutamos de perfis diferentes de alunos, dos mais aplicados e atentos, aos dificultosos, porém todos bem cooperativos.

Comparando a evolução dos grupos na construção do conhecimento, essa irregularidade de perfis, durante a discussão e obtenção das conclusões, parecia desaparecer, como se todos estivessem em um mesmo nível de aprendizagem. Essa diferença entre alunos ajudou de forma que, durante os debates, os mais aplicados auxiliavam os mais dificultosos, permitindo um bom desenvolvimento da turma.

Ainda sobre os alunos, destacamos a mudança entre a quantidade de alunos presentes em sala de aula em dias diferentes. Destacamos que esta situação se tornou benéfica, porque nos permitiu uma melhor visualização do nível de interesse dos alunos que estavam presente no primeiro dia, bem como no segundo dia.

Quanto ao papel do professor, salientamos a importância de uma intervenção em tempo e modo apropriado durante toda a atividade. Com efeito, em uma atividade investigativa, há uma linha tênue entre a mediação e a intromissão do professor no processo de aprendizagem.

Atentamos ainda para a necessidade do professor de precaver-se de perguntas e de observações que não foram previstas. Questionamentos e colocações sinceras feitas pelos alunos devem ser atentados e, na medida do possível, comentados pelo professor. Como exemplo, temos o Grupo 3 que levantou uma observação sobre a bateria que polarizava as placas no simulador.

Na segunda aula, colocamos que o professor deveria indicar os parâmetros a serem alterados. Pode-se pensar que o fato de o professor indicar os parâmetros que devem ser alterados, este acaba restringindo a observação do aluno, levando-o a observar somente aquilo que é objetivado no momento. Em parte, concordamos, porque faz estreitar o olhar do aluno. Porém, a prática em sala de aula revelou que este posicionamento não é de um todo verdadeiro, uma vez que a ótica sobre a qual os alunos irão observar é diferente daquela que o professor está propondo. Este olhar do aluno, por vezes, é tão amplo, que

a falta de um direcionamento, poderia levá-los a ficarem desorientados na sua busca por respostas, uma vez que os alunos não estão habituados a realizar atividades deste tipo.

Apesar de tratarmos de um conteúdo desconhecido por parte dos alunos, o uso da analogia auxiliou de forma significativa uma melhor compreensão do Efeito Fotoelétrico. Verificamos que foi uma experiência didática muito positiva.

Acreditamos que, embora tenham ocorrido colocações inusitadas por parte dos alunos, as respostas foram suficientes. Ressaltamos que, apesar de ter sido uma aula extensa, a forma de abordagem, o método, e o recurso didático utilizados, nos auxiliaram muito, ao permitir que a aula ficasse bastante dinâmica. Apesar da pouca quantidade de alunos, o que facilitou na aplicação da aula, estes interagiram bem e a todo momento.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO I.S e VELT E.A. **Mídias e ferramentas digitais no ensino da Física**. Instituto de Física - UFRGS. Aula 2- Estratégias de uso de Objetos de Aprendizagem.2009.

AZEVEDO, M.C.P.S. **Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática**. Anna Maria Pessoa de Carvalho (Org). São Paulo. Thomson, 2006.

BAPTISTA, M. **Concepção e implementação de actividades de investigação: um estudo com professores de física e química do ensino básico**. Tese de Douturamento, Universidade de Lisboa, Instituto de Educação, Lisboa. Capítulo 4.2010.

BARROS, S. de Souza. **PONTAS DE PROVA PARA o DIAGNOSTICO DA APRENDIZAGEM DE FÍSICA NA ESCOLA: UM DESAFIO PARA O PROFESSOR**. Institute de Fisica –UFRJ. 1994.

BORRAJO, T. Balacó. **ATIVIDADES INVESTIGATIVAS PARA O ENSINO DE ÓPTICA GEOMÉTRICA**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física), Departamento de Física, Universidade Federal do Ceará, 2017.

CARVALHO, A.M.P & GIL-PÉREZ, D. **Formação de Professores de Ciências: Tendências e Inovações, Coleção Questões de Nossa Época**, v 16. São Paulo: Cortez, 1995.

CARVALHO, A. M. P.; **Ensino de Ciências por investigação: condições para a implementação em sala de aula**. São Paulo, 2013. Cap.1.

DORNELES, P. F.T., ARAÚJO, I S. e VEIT, E A. **Simulação e modelagem computacionais no auxílio a aprendizagem significativa de conceitos básicos de eletricidade: Parte I – circuitos elétricos simples**. Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil, Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 28, n. 4, p. 487-496, 2006.

GOMES, V.C. **O USO DE SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS DO EFEITO FOTOELÉTRICO NO ENSINO MÉDIO**. Dissertação (Mestrado em

Ensino de Ciências e Matemática), Centro de Ciências e Tecnologias, Universidade Estadual da Paraíba, 2011.

HODSON, D. **In search of a meaningful relationship: an exploration of some issues relating to integration in science and science education.** International Journal of Science Education, v.14, n.5, p.541-562, 1992.

MACÊDO, J.A; Dickman, A.G.; de Andrade, I.S.F **SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS COMO FERRAMENTAS PARA O ENSINO DE CONCEITOS BÁSICOS DE ELETRICIDADE.** Caderno Brasileiro Ensino de Física, v. 29, n. Especial 1: p. 562-613, set. 2012.

MEDEIROS, A; MEDEIROS, C. F. **Possibilidades e limitações das simulações computacionais no ensino da física.** Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 77-86, jun. 2002.

MOEIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem.** São Paulo: EPU. 1999.

MEC, **PARÂMETROS CURRICULARES NACIONAIS, ENSINO MÉDIO. Parte III Ciências da natureza, Matemática e suas Tecnologias,** 2000.

NEDELSKY, L. **Science Teaching and science testing.** Chicago University Press, 1961.

PIETROCOLA, M.; BROCKINTON, G. **Recursos computacionais disponíveis na internet para o ensino de física moderna e contemporânea.** In: 3ª Encontro de Pesquisa em Ensino de Ciências, 2003, Bauru. Anais do 3ª Encontro de Pesquisa em Ensino de Ciências. Bauru: ABRAPEC, 2003.

SCHWAHN, M.C. Aguirre; SILVA, J. da; MARTINS, T.L.C.. **A ABORDAGEM POE (PREDIZER, OBSERVAR e EXPLICAR): UMA ESTRATÉGIA DIDÁTICA NA FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES DE QUÍMICA.** Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática – Universidade Luterana do Brasil, ULBRA, Canoas-RS.2007

VEIGA, F.H. **Psicologia da Educação: teoria, investigação e aplicação, envolvimento dos alunos na escola.** 2013

**SILVA, R. S. A ABORDAGEM DO EFEITO FOTOELÉTRICO NO ENSINO MÉDIO: Contribuições de uma unidade de ensino potencialmente significativa.** Mestrado em Ensino de Ciências, Campo Grande-MS, 2015.



## APÊNDICE

### APÊNDICE A: RELATÓRIO APLICADO AOS ALUNOS DA E.E.F.M. PJS

#### *Efeito físico:*

- |   |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b><i>O que ocorreria ao incidir um feixe de luz sobre elétrons, que são partículas presentes na matéria?</i></b></li> </ul> |
|---|

<b><i>Previsão:</i></b>
-------------------------

<b><i>Observação:</i></b>
---------------------------

<b><i>Conclusão:</i></b>
--------------------------

#### *Comprimento de onda e energia:*

- |   |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b><i>O que acontece se alterar o comprimento de onda? Existe uma energia mínima para o efeito acontecer? Porque?</i></b></li> </ul> |
|---|

<b><i>Previsão:</i></b>
-------------------------

<b><i>Observação:</i></b>
---------------------------

<b><i>Conclusão:</i></b>
--------------------------

#### *Intensidade:*

- |  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b><i>Se alterar a intensidade da luz o fenômeno ainda vai acontecer? Será que a velocidade dos elétrons tem a ver com a alteração na intensidade?</i></b></li> </ul> |
|--|

<b><i>Previsão:</i></b>
-------------------------

<b><i>Observação:</i></b>
---------------------------

<b><i>Conclusão:</i></b>
--------------------------

***Equipe ( ): \_\_\_\_\_***

---

## **APÊNDICE B: PLANO DE AULA**

### **I. Título: *O Efeito Fotoelétrico***

### **II. *Dados de Identificação***

II.1 Professor: Thais Martins Oliveira Mesquita

II.2. Disciplina: Física

### **III. *Tema***

III.1 Tema geral: Física Moderna;

III.2 Tema específico: Efeito fotoelétrico

III.3 Nível: Médio;

III.4 Série: 3º ano.

### **IV. *Objetivos***

- Analisar a natureza da luz com efeito fotoelétrico.
- Entender como ocorrem as interações entre fótons e elétrons.
- Observar que a energia dos fotoelétrons depende da frequência da radiação incidente, não dependendo da intensidade desta.
- Verificar que a emissão eletrônica aumenta quando se aumenta a intensidade da radiação que incide sobre a superfície do metal, ou seja, o número de fotoelétrons aumenta com o aumento da intensidade da radiação.
- Entender que para cada metal, existe uma frequência mínima da radiação eletromagnética abaixo da qual não são produzidos fotoelétrons, por mais intensa que seja esta radiação.
- Constatar como esse efeito foi relevante para a produção científica moderna e como está presente em nosso cotidiano.

## **V. Conteúdo**

Efeito fotoelétrico

## **VI. Enfoque**

- Ensino por investigação por meio de uma *Atividade Investigativa (problema experimental)* .

## **VII. Desenvolvimento da aula**

Esta atividade deve ser feita em grupos de 3 (três) a 4 (quatro) alunos, de preferência em um laboratório de práticas experimentais. O professor deve indicar um *relator* do grupo. Este deverá anotar as respostas e justificativas às perguntas lançadas pelo professor.

Iniciaremos fazendo uma analogia que auxiliará a melhor compreensão do efeito fotoelétrico, tendo em vista o caráter corpuscular da luz. Buscaremos analisar três pontos:

- A ocorrência o efeito fotoelétrico;
- a influência da frequência da luz no efeito fotoelétrico;
- a influência da intensidade luminosa no efeito fotoelétrico.

Para esta analogia, pode-se utilizar tampinhas de garrafa, como segue:

Entregue duas tampinhas (tampinha A e B, ver esquema abaixo) aos grupos. Peça para que definam um marco de referência por onde uma das tampinhas deverá ultrapassá-lo. O objetivo é fazer com que a tampinha B atravesse o marco indiretamente, ou seja, a partir da colisão com a tampinha A. Assim, deve-se colidir a tampinha A com a tampinha B para que esta atravesse o marco, ou seja, sem que ela seja lançada de forma direta, como mostrado no esquema abaixo (esse marco será útil para a compreensão do conceito de frequência de corte).



Figura 1: esquema de configuração das tampinhas

Antes que os alunos procedam com a colisão entre as tampinhas, lance os seguintes questionamentos aos grupos:

***Como a tampinha B, que está parada, conseguirá entrar em movimento? Quais as condições necessárias, em relação ao impulso dado à tampinha A, para que esta colida com a tampinha B e a faça ultrapassar o marco?***

Após lançar as perguntas, o professor solicitará aos grupos para que estes discutam entre si sobre o problema lançado. Ao final das discussões, que devem durar de 5 a 10 minutos, cada grupo deve anotar seu relatório com suas respostas e justificativas e o relator deve expressá-las oralmente.

Espera-se que os grupos respondam algo parecido como: (1) *a tampinha A, ao ser lançada, entra em movimento e, ao colidir com a tampinha B, transfere energia para ela fazendo com que a mesma se movimente.* (2) *Quanto ao impulso dado a tampinha A, deve ser suficiente de modo que, ao colidir com a tampinha B, a força de atrito não venha impedir que a tampinha ultrapasse o marco.*

Após as apresentações orais, o professor faz uma síntese das considerações apresentadas por cada grupo. Neste momento, o professor deve guiá-los a um entendimento comum, mostrando aspectos contraditórios e coerentes nas considerações feitas. Por fim, faça uma conclusão geral expositiva sobre a questão levantada, conduzindo-os ao entendimento esperado de como ocorre esta interação entre as tampinhas. Chame-os a atenção sobre como as forças de atrito (estático e cinético) impedem ou não que a tampinha parada (tampinha B) chegue até o marco, uma vez que o entendimento equivocado poderá comprometer algumas das conclusões futuras.

Para as próximas atividades, peça-os que façam uma relação entre as conclusões feitas anteriormente e o efeito fotoelétrico, relacionando cada detalhe. Esta articulação permitirá que os alunos façam seus próprios modelos mentais, entre o conhecimento obtido na analogia proposta e o efeito fotoelétrico.

Para iniciar faremos o seguinte questionamento, a fim de levar os alunos à reflexão, sem definir o tema da aula ainda:

***O que ocorreria ao incidir um feixe de luz sobre elétrons, que são partículas presentes na matéria?***

Neste momento peça para que os alunos façam previsões sobre o que ocorrerá. Continuemos então, com a realização da construção do conhecimento a cerca do Efeito Fotoelétrico, com o uso da simulação da plataforma PHET. Esta possui um experimento virtual chamado “Efeito Fotoelétrico” (versão 1.10). A abordagem aqui utilizada é a do ensino por investigação, com base no método chamado POE (predizer, observar e explicar).

Antes de iniciar o trabalho com a simulação, apresente aos alunos todos os elementos componentes da simulação, como comprimento de onda, intensidade, barra de gráficos, o experimento em si (catodo e anodo, fonte de luz), materiais que podem ser utilizados e etc. Observe a figura 2.

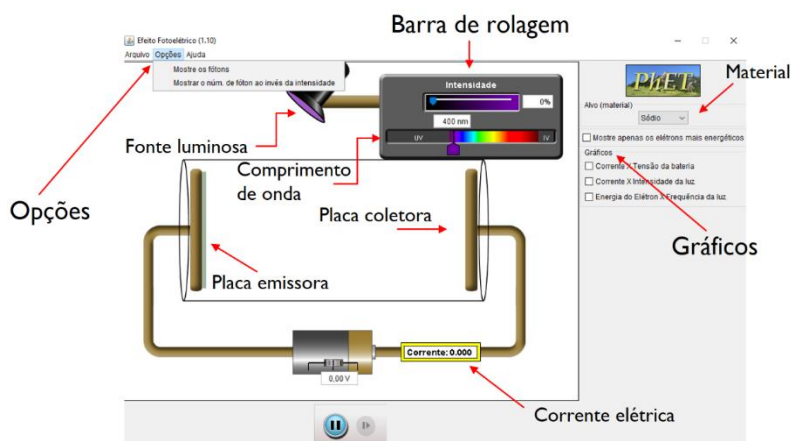


Figura 2: elementos da simulação

Seguiremos apresentando a simulação aos alunos, alterando alguns parâmetros, sem muitas explicações, disponibilizando-a para que os mesmos

interajam, conforme os procedimentos descritos no quadro abaixo e ilustrados na figura 3.

Parâmetros a serem alterados nesta primeira observação:

- Na barra de ferramentas, em “Opções” selecione a opção “*Mostre os fótons*”.
- Na barra lateral direita, selecione a opção “*Mostre apenas os elétrons mais energéticos*”, para que os elétrons ejetados apresentem a mesma energia cinética.
- Chame-os a atenção para a corrente gerada.
- Altere a intensidade na barra de rolagem “*Intensidade*”.
- Altere o comprimento de onda da luz na barra de rolagem correspondente, preparando-os para o próximo questionamento.

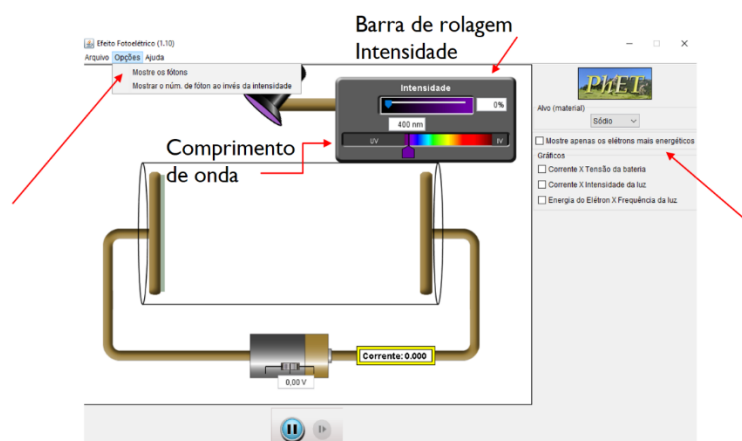


Figura 3 : Parâmetros a serem alterados na primeira observação

Peça-os que anotem toda observação pertinente do fenômeno, atentando especialmente aos pontos que explicam a questão lançada.

Observações que poderão ser feitas pelos alunos com a simulação:

- Os elétrons são ejetados à medida que os fótons são lançados.
- Os elétrons ejetados geram uma corrente.
- A intensidade altera o número de fótons lançados, gerando assim uma corrente maior.

- Este efeito não ocorre em qualquer comprimento de onda, para um dado material.

Então seguiremos com a apresentação das conclusões obtidas, onde os grupos apresentarão os pontos em que a observação confirma ou discorda das suas previsões iniciais. Assim, neste momento, o professor conduzirá o grupo a uma conclusão geral, sendo esta, principalmente, resultado das observações.

Prosseguiremos, então, com o seguinte questionamento:

***O que acontece se alterarmos o comprimento de onda? Existe uma energia mínima para o efeito acontecer? Porque?***

Continuemos da mesma forma do procedimento anterior. Logo após o questionamento, os alunos constroem suas explicações prévias, e seguimos com a observação.

Parâmetros a serem alterados nesta observação:

- Desmarque a opção “*Mostrar apenas os elétrons mais energéticos*”.
- Marque na barra lateral em “Gráficos” a opção: *Energia do Elétrons x Frequência da luz*.
- Altere o comprimento de onda da luz (procure não utilizar comprimentos de onda muito baixos para que as diferenças possam ser melhor observadas) e observe o gráfico de energia *versus* frequência do elétron.
- Na barra de ferramentas, em “Opções” selecione a opção “Mostrar o núm. de fóton ao invés da intensidade”.
- Altere os materiais em “*Alvo (material)*” mantendo fixos o comprimento de onda e a intensidade de luz.
- Desmarque a opção “Mostrar o núm. de fóton ao invés da intensidade”. Para cada comprimento de onda utilizado, altere a intensidade.

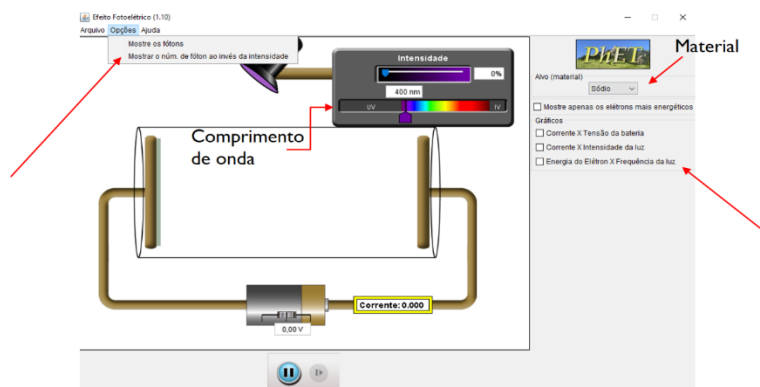


Figura 4: Parâmetros a serem alterados nesta observação.

Observações que poderão ser feitas pelos alunos com a simulação:

- Elétrons são ejetados com diferentes energias cinéticas.
- A energia dos elétrons está proporcional à frequência da luz e inversamente proporcional ao comprimento de onda.
- Os comprimentos de onda irão alterar a ocorrência do efeito; existe uma frequência associada de valor mínimo.
- Existe uma frequência limiar que, abaixo dela, os elétrons não são ejetados.
- À medida que essa frequência se torna maior que a limiar, os elétrons são ejetados com uma maior velocidade.
- Nem todos os fótons lançados ejetam elétrons.
- Diferentes materiais possuem diferentes valores de frequências limiares.
- A intensidade não altera a ocorrência do fenômeno.

Prossiga agora com a apresentação das conclusões obtidas. Nela, os grupos apresentarão novamente os pontos em que a observação confirma ou discorda das suas previsões iniciais. Em seguida, a conclusão geral é apresentada e mediada pelo professor.

Neste momento já existe uma base de observação suficiente para que os alunos tenham concluído algo acerca da intensidade de luz. Já observamos que:

- A intensidade altera o número de fótons lançados, gerando assim uma corrente maior (resultado da primeira observação).



- A intensidade não altera a ocorrência do fenômeno (resultado da segunda observação).

Assim, questione-os:

***Se alterar a intensidade da luz o fenômeno ainda irá ocorrer? Será que a velocidade dos elétrons é influenciada pela alteração na intensidade?***

Para esta observação, deixe-os livres para que eles alterem os parâmetros como quiserem. Dê-lhes um pouco mais de tempo e prossiga da mesma forma como nos questionamentos anteriores.

Ao final, conduza-os à última conclusão, uma conclusão geral englobando todas as explicações relativas aos questionamentos.

Em seguida, apresente-lhes o efeito fotoelétrico, explicando-o em sua totalidade. Vale ressaltar que, até o presente momento, os alunos já terão percebido todos os aspectos importantes desse fenômeno. Porém, ainda não tinha sido apresentados formalmente. Prossiga com uma análise da fórmula:  $E_c = hf - \phi$ , onde  $\phi$  é a função trabalho,  $f$  a frequência de corte, e  $E_c$  a energia cinética do elétron. Finalize com uma explanação da importância do Efeito Fotoelétrico para o desenvolvimento tecnológico, social e científico da sociedade ao longo da história das ciências.

## **VII. Recursos didáticos**

- Analogia:
  - tampinhas de garrafa
- Simulação:
  - computador;
  - data show;
  - plataforma PHET.
  - link: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/legacy/photoelectric](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/photoelectric)

### **VIII. Avaliação**

- Conclusões, feitas pelos alunos, aos questionamentos feitos durante as aulas pelo professor.

Critérios: analisar as conclusões obtidas pelos alunos, com uso de questionário.