



**UNIVERSIDADE DA INTEGRAÇÃO INTERNACIONAL DA LUSOFONIA AFRO-
BRASILEIRA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA
CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA**

GASPAR DOMINGOS LUÍS

**O ENSINO DO EFEITO FOTOÉLETRICO NO ENSINO MÉDIO ATRAVÉS DE
EXPERIMENTOS E SUA COMPARAÇÃO COM O EFEITO FOTOVOLTAICO**

REDENÇÃO/CE

2022

GASPAR DOMINGOS LUÍS

**O ENSINO DO EFEITO FOTOÉLETRICO NO ENSINO MÉDIO ATRAVÉS DE
EXPERIMENTOS E SUA COMPARAÇÃO COM O EFEITO FOTOVOLTAICO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Licenciatura em Física, do
Instituto de Ciências Exatas e da Natureza da Universidade
da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira,
como requisito parcial para a obtenção do Título de
Licenciado em Física.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Cinthia Marques Magalhães
Paschoal

REDENÇÃO/CE

2022

Dados da Catalogação na Publicação
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira – Biblioteca da
UNILAB

Luis, Gaspar Domingos.

L978e

O ensino do efeito fotoelétrico no ensino médio através de experimentos e sua comparação com o efeito fotovoltaico / Gaspar Domingos Luis. - Redenção, 2022.
51f: il.

Monografia - Curso de Física, Instituto de Ciências Exatas e da Natureza, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Redenção, 2022.

Orientador: Profa. Cinthia Marques Magalhães Paschoal; Levi Rodrigues Leite.

1. Fotoelétrico. 2. Ensino de Física Moderna. 3. Experimentação. I. Título

CE/UF/BSP

CDD 530

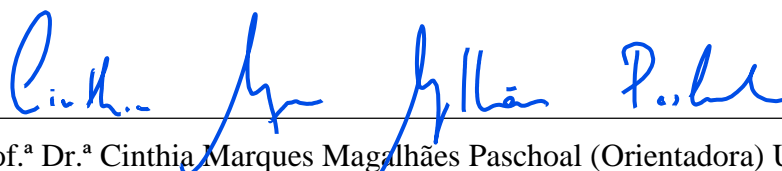
GASPAR DOMINGOS LUÍS

**O ENSINO DO EFEITO FOTOÉLETRICO NO ENSINO MÉDIO ATRAVÉS DE
EXPERIMENTOS E SUA COMPARAÇÃO COM O EFEITO FOTOVOLTAICO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Licenciatura em Física,
do Instituto de Ciências Exatas e da Natureza da
Universidade da Integração Internacional da
Lusofonia Afro-Brasileira, como requisito parcial
para a obtenção do Título de Licenciado em Física.

Aprovado em: 10/02/2022

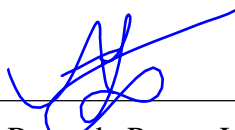
BANCA EXAMINADORA



Prof.^a Dr.^a Cinthia Marques Magalhães Paschoal (Orientadora) Universidade da
Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira – UNILAB



Prof.^a Dr.^a Mara Rita Duarte de Oliveira (Examinadora) Universidade da
Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira – UNILAB



Prof. Dr. Aristeu Rosendo Pontes Lima (Examinadora)
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira – UNILAB

REDENÇÃO/CE 2022

Antes de tudo, dedico este trabalho a Deus todo poderoso; pela saúde e protecção; Dedico em especial às mulheres da minha vida Esperança Domingos Gaspar Luís “Mãe”, e Rosita André Lopes “Avó (in memoriam), por tudo que fizeram e fazem por mim mesmo distante; aos meus irmãos pelos suportes incondicionais, em especial Rosalina Domingos Luís pela amizade e irmandade; aos meus amigos e colegas da vida; à minha querida, motivadora e magnífica professora Cinthia Marques Magalhães Paschoal por tudo e mais alguma coisa que tem feito por mim; aos meus atuais e antigos professores, em especial ao professor Rosário do ensino primário por me ensinar a ler e escrever. Muito obrigado a todos - “Merci beaucoup a tous”.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Esperança Domingos Gaspar Luís e Luís Silvestre Luís pela vida e ensinamentos. À minha família em geral pelos suportes e ensinamentos, para lidar com a dinâmica e desafios da vida. Meus votos de agradecimento aos meus irmãos, em especial Silvestre Domingos Luís, Rosalina Domingos Luís e Gracieth Domingos Luís pelos suportes incondicionais apesar de estarem do outro lado do oceano.

Agradeço aos meus primos e tios em geral, em especial ao José Lucas, Madalena Lopes e Lourenço Lopes Gomes pelo apoio moral. Estendo também meus votos de agradecimentos aos meus colegas deste antigo processo acadêmico, ao Heitor Chilula, Gaspar Rossi, Helena Ferraz, Florinda Buco e Helena Sacatonga, meus colegas do ensino fundamental “base” pelos momentos marcantes na escola ADPP; ao Paulino Basto “Nigga C”, Nsimba Domingos “Six-B”, Domingos António “O2”, Diniz Miranda “De tudo”, João Escrivão, Delton Agostinho, Gospel Fita, José Bernardo “Profeta”, Azevedo, KD, Yuno Lima, Celestina Miranda e Do Marçal “em memória”, colegas que marcaram o meu ensino médio pela positiva.

Meus votos de agradecimentos de maneira geral aos meus ex-colegas da Universidade Agostinho Neto “UAN”, em especial Estefânia Ezequiel, Márcio Nzamba, Galileu Lukoki, Eusébio, Malulo Sozinho e Felício Máquina, pelas primeiras impressões digitais no ensino superior em Angola.

Votos de agradecimento aos meus colegas da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira -UNILAB, em especial a entrada da Física 2017.1 pelo apoio incondicional. Levarei um pedacinho de cada um de vocês, Constantino Vasconcelos, Mauro Jorge, Fernandes Vicente, Peter Frota, António Romário, Sermos Domingos, Ildo Ufala, Maria Taís, Felisbela de Vasconcelos, Luana Leite e outros que mudaram de curso e universidade; aos meus colegas da entrada 2017.1, Júnior Bongua, Vanuza Malungo, Esperança Francisco, Vilma de Araújo, Klisma Figueira, José Betuel, Ulamba Jorge, Doneta Gomes, Januário Domingos, Avelino Francês, Ariclene Eduardo, Ailton Kima, Pedro Focola, Edu Menezes, Bento Maria, Álvaro Gonçalves.

Aos manos(as) de bom convívio na universidade, Nedilenio Baltazar, Paz Paulo, Augusto Panzo, Ernesto Caculo, Felipe Wisdon, Paulino Lucas, Kongo Lubaki, André Fonseca, Fredy André, Lucala Zengo, Mário Isabel, António Monteiro, Abílio Francisco, Zander, Nanga Pedro João, Maria Sónia, Cláudia Guimarães, Cláudio Machado, Faria Cusseta, Hamilton

Hihme, Messias Eduardo, Pedro Lírico, José Mussunda, Evaristo Finda, em geral toda comunidade angolana no Ceará.

Agradeço aos meus amigos em geral, em especial Vasco Afonso Ngunza, João Alexandre Simões, Aurélio Pequeno, Manuel Tchimuco, Eulária Augusto, Paulídia Alexandre, Perpétua Carvalho Canga, Vicente Miúdo Kimbamba, Lourenço Lopes Gomes, Emanuel Cipriano Neto Martins, Leonildo Issac Monteiro, Juliana Quiaco, Regina Fernandez, Cristina Monteiro Patte, João Matias. O mais profundo votos de agradecimentos ao Mutumbua José Ferrão pelo companheirismo e irmandade ao longo destes anos, e pelo suporte incondicional nesta caminhada acadêmica.

Votos de mais profundo agradecimento aos professores antigos e atuais, em especial as minhas queridíssimas e motivadoras professoras Cinthia Marques Magalhães Paschoal e Mara Rita Duarte de Oliveira; estendo também os meus agradecimentos para as minhas referências no mundo acadêmico, em especial aos professores Aristeu Lima e Sílvio Fonseca.

O mais profundo muito OBRIGADO!

RESUMO

A Física Moderna (FM) é pouco abordada no Ensino Médio, porém é muito importante para os avanços tecnológicos dos dias atuais. Um dos assuntos da FM é o efeito fotoelétrico, que está presente nas portas automáticas dos shoppings e é responsável pelo acendimento automático dos postes de iluminação pública, por exemplo. Este trabalho teve por objetivo analisar o conhecimento dos alunos do ensino médio sobre o Efeito Fotoelétrico (EF) e suas aplicações e propor um ensino do EF através da experimentação de baixo custo, fazendo uma comparação com o Efeito Fotovoltaico. Para isso foram criados dois experimentos de baixos custos ligados aos efeitos supracitados, o primeiro experimento, ligado o EF, estava relacionado ao poste de iluminação pública e o segundo experimento foi o painel solar, relacionado ao efeito fotovoltaico, que teve o intuito de mostrar a diferença entre os dois efeitos. Para obtenção dos conhecimentos dos alunos sobre os fenômenos foram criados dois formulários eletrônicos (*Google Forms*), o primeiro foi de caráter prévio e segundo foi de solidificação aplicado após a apresentação do conteúdo e dos experimentos. Além dos formulários aplicados aos alunos, também foi criado e aplicado um formulário para os professores das escolas participantes para constatar a importância do ensino da Física por meio da experimentação. Vale realçar que a apresentação dos experimentos foi realizada em três escolas do Estado do Ceará na região do Maciço de Baturité por via remota pela plataforma digital *Google Meet* por conta do momento de pandemia da COVID-19. Os resultados mostraram que o ensino através da experimentação foi bastante satisfatório e que a explicação do efeito fotoelétrico ficou mais clara, assim como a sua comparação com o efeito fotovoltaico.

Palavras Chaves: Efeito Fotoelétrico (EF), Ensino de Física Moderna (FM), Experimentação.

ABSTRACT

Modern Physics (MP) is little discussed in High School, but it is very important for the technological advances of the present day. One of the subjects of the MP is the photoelectric effect, which is present in the automatic doors of shopping malls and is responsible for the automatic lighting of public lighting poles, for example. This work aims to analyze the knowledge of high school students about the Photoelectric Effect (PE) and its applications and to propose a teaching method for the PE through low-cost experimentation, making a comparison with the Photovoltaic Effect. To this end, two low-cost experiments were created, following on the aforementioned effects. The first experiment linked to the PE was the public lighting pole, that is part of the application of the aforementioned physical phenomenon linked to MP and the second experiment was the solar panel. To infer the students' knowledge about the phenomena, two forms were created in the Google-Form, the first form was of a previous character and the second was of solidification based on the presentation of the experiments. In addition to the forms applied to students, a form was also created and applied to the teachers of the participating schools, to verify the importance of teaching Physics through experimentation. It is worth noting that the presentation of the experiments was carried out in three schools in the State of Ceará in the region of Maciço de Baturité remotely using the Google Meet digital platform due to the COVID-19 pandemic. The results showed that teaching through experimentation was quite satisfactory and the explanation of the photoelectric effect became clearer, as well as its comparison with the photovoltaic effect.

Keywords: Photoelectric effect(EF), Teaching of Modern Physics(MP), Experimentation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

I Figuras

Figura 1: Circuito de descarga elétrica	15
Figura 2: Funcionamento do poste de iluminação pública (relé fotoelétrico desacionado)	19
Figura 3: Funcionamento do poste de iluminação pública (relé fotoelétrico acionado).....	20
Figura 4: Conversão de Solar em Elétrica	22
Figura 5: Convite enviado para uma das escolas participantes	25
Figura 6: Representação do experimento do poste de iluminação pública (desconectado).....	27
Figura 7: Ligação do relé fotoelétrico	28
Figura 8: Poste de iluminação pública (conectado e sem incidência de luz).....	29
Figura 9: Funcionamento do Painel Solar	30
Figura 10: Apresentação na escola A	31
Figura 11: Apresentação na escola B	32
Figura 12: Apresentação na escola C	32

II Gráficos

Gráfico 1: Gênero dos alunos	32
Gráfico 2: Ano do ensino médio dos alunos.....	33
Gráfico 3: Já ouviram falar do Efeito Fotoelétrico?	33
Gráfico 4: Onde ouviram falar do Efeito Fotoelétrico.....	35
Gráfico 5: Você sabia da relação existente entre o Efeito Fotoelétrico e o poste de iluminação pública?.....	37
Gráfico 6: O que achou do experimento do Efeito Fotoelétrico.....	38
Gráfico 7: Resposta para a pergunta “Você acredita que é importante o uso da experimentação no ensino de Física?”	39
Gráfico 8: Resultado da pergunta sobre o gênero dos professores	42
Gráfico 9: Resultado da pergunta sobre “Já ouviram falar do Efeito Fotoelétrico?”	43
Gráfico 10: Resultado da pergunta sobre o “O que você achou do experimento do Efeito Fotoelétrico?”	44
Gráfico 11: Resultado da pergunta sobre o “Você acredita que é importante o uso da experimentação no ensino de Física?”	45

Gráfico 12: Resultado da pergunta sobre o “Acredita que a realização da atividade com experimentos em modo remoto satisfaz o objetivo apresentado?” 46

III Tabelas

Tabela 1- Relação de materiais usados para a montagem do experimento27

Tabela 2- Relação de materiais usados para a montagem do experimento29

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	15
2.1 O ensino da Física Moderna no Ensino Médio: em especial o efeito fotoelétrico	15
2.2 O Efeito fotoelétrico	15
2.2.1 Um pouco da história do surgimento do Efeito Fotoelétrico.....	16
2.2.2 O Efeito Fotoelétrico e a constante de Planck	17
2.2.3 Funcionamento do Poste de iluminação pública	19
2.3 O Efeito fotovoltaico	21
2.4 Efeito fotoelétrico versus Efeito fotovoltaico.....	22
2.5 A experimentação no ensino de física	23
3. METODOLOGIA.....	25
1ª. Abordagem e procedimento de estudo de caso	25
2ª. Espaço físico.....	26
3ª. Participantes	26
4ª. Coleta de dados.....	26
5ª. Análise de dados.....	27
3.1 Experimento do poste de iluminação pública.....	28
3.1.1 Montagem do experimento	28
3.2 O experimento do efeito fotovoltaico	30
3.2.1 Montagem do experimento	30
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	32
4.1 Apresentações.....	32
4.2 Pré-formulário aplicado aos alunos	34
4.3 Pós-formulário aplicado aos alunos.....	39
4.4 Formulário aplicado aos professores	44
5. CONCLUSÃO.....	49
REFERÊNCIAS	50

1 INTRODUÇÃO

O mundo atual é compreendido com base aos avanços das tecnologias que têm sido desenvolvidas e aplicadas diariamente. Compreender os funcionamentos por trás das coisas presente no nosso cotidiano é de fundamental importância para nossas vidas. Desta feita, o ensino de Ciências para os alunos deve despertar curiosidades e questionamentos sobre o funcionamentos das coisas ligada, a sua realidade. Além disso, deve mostrar o caminho de como se constroi ou se faz a ciência. Segundo Batista *et al.* (2009), para que se faça ciência de maneira significativa para o aluno é necessário “[...] que o pensamento científico seja incorporado pelo educando como uma prática de seu cotidiano é preciso que a Física esteja ao seu alcance e o conhecimento tenha sentido e possa ser utilizado na compreensão da realidade que o cerca.”

Acredita-se que a metodologia adotada pelo(a) o professor (a) pode facilitar ou dificultar o interesse do aluno em aprender ou, a fazer ciência, de maneira específica em aprender Física. De acordo com Batista *et al.* (2009), não é eficaz a metodologia na qual o professor é o agente ativo, emissor do conhecimento e o aluno é o agente passivo, o receptor do conhecimento e memorizador do conteúdo; cujo o conteúdo é centrado em teorias, conceitos e leis; não permitindo que o aluno faça uma relação da teoria com o seu cotidiano.

Segundo Santos *et al.* (2021), a experimentação é uma maneira das maneiras de constatar ou entender os avanços das ciências, no que tange físicos aos fenômenos físicos, ela permite observar e verificar se uma dada teoria faz real sentido ou não, daí deixando claro que a teoria e o experimento estão interligados. Santos *et al.* (2021), ainda reforça que, se o aluno não compreender o real valor da ciência no seu dia a dia, ou seja, será difícil compreender as teorias físicas envolvidas nas coisas tecnológicas presentes no seu cotidiano. Porém, sendo a experimentação uma metodologia diferenciada do método de ensino tradicional, ela possui uma revelância para minimizar ou facilitar a construção do conhecimento científico dos alunos. Além disso, ela pode contribuir de maneira direta na melhoria do ensino da Física.

Segundo Salomão e Araujo (2021), nos dias atuais vários são os debates sobre os impactos diretos ou indiretos que as ciências têm nossas vidas, desde as tecnologias que visam diminuir os esforço humano no setor ambiental, político, cultural e social. Os impactos supracitados acabam por direcionar a nossa maneira de viver e lidar socialmente. Desta feita, é de suma importância a inserção da Física Moderna (FM), no ensino Médio por conta do seu desenvolvimento das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC), a abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), e tantas outras (SALOMÃO; ARAÚJO, 2021).

Apesar do desenvolvimento das tecnologias e da importância da inserção paulatina da FM, ela ainda possui uma resistência no que tange à sua inserção. De acordo com Salomão e Araujo (2021), esta resistência acontece por conta das metodologias que são desenvolvidas de maneira isolada, causando assim, um entrave na introdução da FM.

A partir dessa apreciação, este trabalho teve como objetivo o ensino da Física Moderna por meio de experimento de baixo custo no caso específico o Efeito Fotoelétrico (EF) e suas aplicações, fazendo uma comparação com o Efeito Fotovoltaico. Além disso, o trabalho também objetivou compreender o conhecimento dos alunos sobre o EF e a importância de experimentos no ensino da Física.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 O ensino da Física Moderna no Ensino Médio: em especial o efeito fotoelétrico

A Física Moderna é o agrupamento de diversas teorias Físicas que visam explicar o comportamento de partículas subatômicas e atômicas com velocidades elevadas, próxima à velocidade da luz. A incapacidade da Física Clássica (FC) para explicar alguns fenômenos físicos como a radiação do corpo negro¹ e o efeito fotoelétrico, despertou o interesse de alguns cientistas no começo do século XX, como Max Planck e Albert Einstein em explicar tais fenômenos que deram a origem à Física Moderna (DOMINGUINI, 2012).

Os livros de Física para o Ensino Médio abordam diversas temáticas da Física Clássica desenvolvidas no final do século XIX, deixando de abordar de maneira abrangente a Física Moderna que surgiu no século XX.

Segundo Dominguni, “O livro de Gaspar, em volume único, é dividido em quatro unidades: Mecânica; Ondas e Óptica; Termodinâmica; Eletromagnetismo. O conteúdo de Física Moderna é abordado em um último capítulo, não vinculado a nenhuma das unidades anteriores” (DOMINGUINI, 2012, p. 2).

A pouca abordagem do Ensino da Física Moderna no Ensino Médio vem levantando várias discussões sobre as explicações de alguns fenômenos físicos por parte de alguns professores, alegando que estes são de difícil compreensão e com uma matemática exigente (DOMINGUINI, 2012, p. 3).

Este cenário faz e fará com que os alunos não compreendam muitos fenômenos físicos envolvidos em situações do seu dia a dia e os avanços tecnológicos. Por isso, este trabalho buscou, por meio de experimentos, aproximar os alunos desta temática, em especial, ao efeito fotoelétrico.

2.2 O Efeito Fotoelétrico

O efeito fotoelétrico consiste na incidência de luz de uma certa faixa de frequência a uma superfície metálica, capaz de provocar o desprendimento dos elétrons livres e conseqüentemente a produção de corrente elétrica.

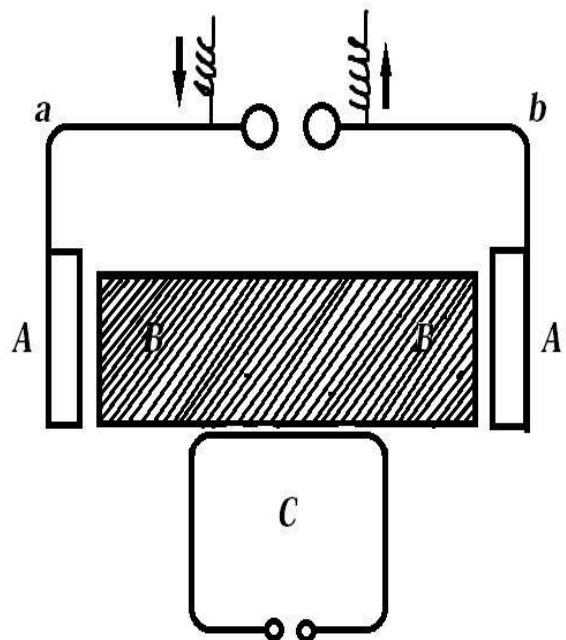
¹ A radiação do corpo negro é a capacidade que um corpo tem de receber toda radiação incidente sem emitir a radiação que recebe (ANTUNES, 2012).

2.2.1 Um pouco da história do descobrimento do Efeito Fotoelétrico

O fenômeno físico do efeito fotoelétrico foi observado no ano de 1886 - 1887 pelo físico alemão Heinrich Rudolph Hertz ou simplesmente Hertz, como é tratado pelos artigos e livros. Essa observação aconteceu quando ele estava testando a teoria de Maxwell² sobre a propagação da luz e as ondas eletromagnéticas³.

Hertz utilizou um experimento bastante simples para constatar a teoria de Maxwell e a propagação da luz, como demonstrado na Figura 1 (MANGILI, 2012).

Figura 5: Circuito de descarga elétrica



Fonte: Mangili (2012, p. 41, Adaptado).

A Figura 1 ilustra o experimento de Hertz, que consiste em um circuito aberto utilizando uma fonte elétrica de alimentação ligada a duas placas. Quando o ponto principal A (eletrodo primário) recebia uma descarga elétrica, na qual denominava de Spark, e incidia no ponto secundário A' (eletrodo secundário), gerando a corrente elétrica que mais tarde veio a ser compreendida como efeito fotoelétrico. Na época, essa observação gerou vários

² (...) a energia de um raio de luz, emitido de uma fonte puntiforme, espalha-se continuamente sobre um volume sempre crescente (DIONÍSIO, 2005).

³ A teoria eletromagnética estabelecia a propagação da luz como um fenômeno ondulatório (DIONÍSIO, 2005)

questionamentos e foi explicada de maneira simplificada dez anos mais tarde por Albert Einstein (MANGILI, 2012).

A explicação de Albert Einstein sobre o efeito fotoelétrico foi contra o que era estabelecido pelo eletromagnetismo clássico supracitado. Segundo Valadares (1998, p. 3-4), a explanação de Einstein foi a seguinte:

Radiação com frequência abaixo de um certo valor mínimo não promove elétrons livre, não importa a intensidade da luz. Essa intensidade corresponde à potência emitida pela fonte luminosa. A luz, além de apresentar um comportamento ondulatório, pode ser pensada como uma forma de energia transmitida por partículas denominadas fótons. A energia E de cada fóton que constitui um feixe de luz é dada pela relação $E = hf$ ou $E = hc/\lambda$, onde h é a constante de Planck, associada aos fenômenos atômicos. Quanto mais intenso for um feixe de luz, maior é o número de fótons nele presente. Quando o feixe incide sobre a superfície, cada elétron preso tem uma certa probabilidade de interagir com um fóton. Se a energia hf do fóton for maior que a energia de ligação do elétron, denominada função trabalho, este pode ser libertado absorvendo toda a energia do fóton incidente. O valor de função trabalho depende do material da superfície (resistência dependente da luz) para diferentes valores do comprimento de onda da luz incidente.

Essa explicação teórica do efeito fotoelétrico para refutar o eletromagnetismo clássico resultou em um Prêmio Nobel para Albert Einstein em 1921. O efeito fotoelétrico proporcionou muitos avanços tecnológicos e possui bastantes aplicações, como o funcionamento das portas de shoppings/supermercados, dos elevadores, sistemas de segurança e alarmes. Na sessão 2.2.3, será descrita uma delas, que é na iluminação pública.

2.2.2 O Efeito Fotoelétrico e a constante de Planck

O ano de 1900 foi marcante para a Física e para o físico alemão Max Karl Ernst Planck, ou simplesmente Planck como é tratado em diversas literaturas, pois ele conseguiu resolver matematicamente o problema do físico alemão Gustav Robert Kirchhoff sobre os corpos negros, por meio dos dados da termodinâmica estatística do físico austríaco Ludwig Boltzmann⁴.

Ressaltando que a Física Clássica nessa época parecia estar no seu apogeu de desenvolvimento e que todos os fenômenos estavam explicados, porém; o Kirchhoff não explicava a radiação emitida por esse corpo quando estivesse em equilíbrio térmico. Vale

⁴ “A termodinâmica estatística de Boltzmann, estabelecia que, a entropia é o logaritmo (multiplicado pela constante de Boltzmann k) do número de maneiras de distribuir a energia pelos N osciladores” (LAGE, 2020, p. 3).

lembrar ainda que a Física Clássica estabelecia que a energia de radiação presa dentro do corpo negro, para uma dada frequência, se distribuía de forma contínua (SANTOS; MENEZES, 2015, p. 4).

Para solucionar esse problema da radiação do corpo negro, para uma dada frequência, Max Planck considerou que a energia de radiação presa nesse corpo se distribuía de maneira discreta, ou seja, quando a energia de radiação é distribuída de forma descontínua, com a mesma proporcionalidade de frequência no seu interior. Esse entendimento levou à determinação do que hoje é conhecida como a constante de Planck (h). Planck utilizou osciladores na superfície do corpo negro para constatar a distribuição da energia radiada, que segundo Pereira e Zara (2008, p. 6) estes

[...] osciladores emitem ou absorvem energia em unidades discretas. A energia do oscilador é quantizada, isto é, pode ter somente certos valores discretos de energia, sendo representada matematicamente por $E_n = n \cdot h \cdot f$, onde n é um número inteiro positivo, h é uma constante (mais tarde batizada como constante de Planck) e f é a frequência da oscilação do oscilador.

E citam ainda que:

Como a energia de cada oscilador só pode assumir valores discretos, por isso diz-se que a energia é quantizada. Cada valor discreto de energia corresponde a um estado quântico. Quando o oscilador está em um estado quântico $n=1$, sua energia é $h \cdot f$, para $n=2$, sua energia é $2n \cdot f$; assim por diante. A emissão ou absorção de unidade de energia pelo oscilador é interpretada como uma transição de um estado quântico⁵ para outro. A diferença de energia entre os estados inicial e final da transição corresponde a um *quantum* de radiação. A transição, por exemplo, de um estado adjacente $n=3$ para $n=2$, mostra que a energia emitida pelo oscilador é $E = h \cdot f$, na solução de Planck há emissão ou absorção de energia quando o oscilador muda de estado quântico. Se o oscilador permanecer em um estado quântico nenhuma energia é emitida ou absorvida.

Essa explicação de Planck sobre os corpos negros emitirem ou absorverem energia, resultou em um prêmio Nobel da Física em 1918. Além disso, a constante de Planck é a base fundamental para o estudo da Física Quântica e permitiu, posteriormente, a explicação do Efeito fotoelétrico por Albert Einstein. Resumindo, a constante de Planck estabelece que a energia em forma de pacotes está relacionada com a frequência da radiação, de acordo com a equação:

$$E_n = hf \quad (1)$$

Onde:

E_n é a energia emitida quantizada medida em joule (J);

h é a constante de Planck medida em Joule vezes segundos ($J \cdot s$);

f é a frequência de radiação eletromagnética medida em ($1/s$).

A equação (1) também pode ser escrita da seguinte maneira:

$$E_n = h \frac{c}{\lambda} \quad (2)$$

Onde:

$f = \frac{c}{\lambda}$, c é a velocidade da luz, $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$;

λ é o comprimento de onda medido em metro (m);

h é a constante de Planck, vale $h = 6,63 \times 10^{-34} J \cdot s$;

A constante h no Sistema Internacional de Unidades, ou simplesmente SI, vale $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ m}^2 \text{ kg/s}$.

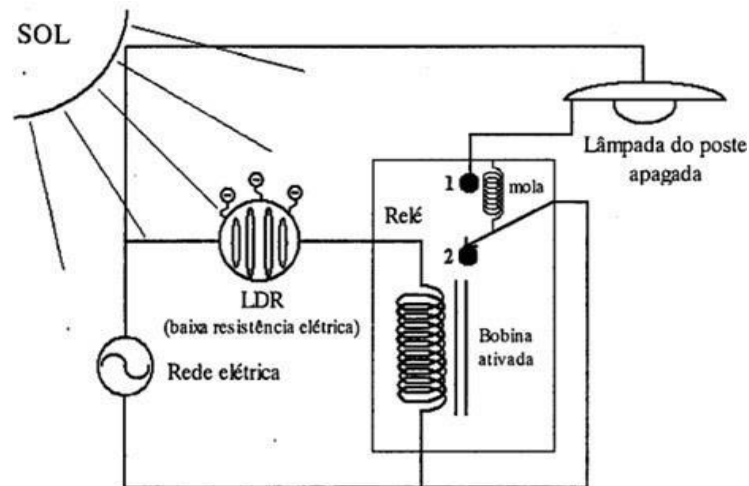
OBS: Em elétron-volt (eV), a constante de Planck vale $h = 4,13610^{-15} eV \cdot s$ (PEREIRA; ZARA, 2008, grifo próprio).

2.2.3 Funcionamento do Poste de iluminação pública

Os postes de iluminação pública possuem um relé fotoelétrico, cujo dispositivo principal para o acionamento e desacionamento dos postes é o componente eletrônico denominado resistência dependente da luz (LDR), com funcionamento baseado no efeito fotoelétrico.

O LDR é um resistor variável com superfície metálica sensível à luz, cuja variação acontece de acordo com a intensidade de luz que incide sobre ele. O desacionamento do poste de iluminação acontece quando o dispositivo LDR é exposto ao sol, nessa situação a sua resistência diminui e a sua superfície metálica passa a ter elétrons livres devido à luz incidente do sol na superfície do LDR e conseqüentemente a lâmpada é apagada (VALADARES, 1998). A Figura 2 ilustra o comportamento do poste de iluminação durante o dia de sol.

Figura 6: Funcionamento do poste de iluminação pública (relé fotoelétrico desacionado)

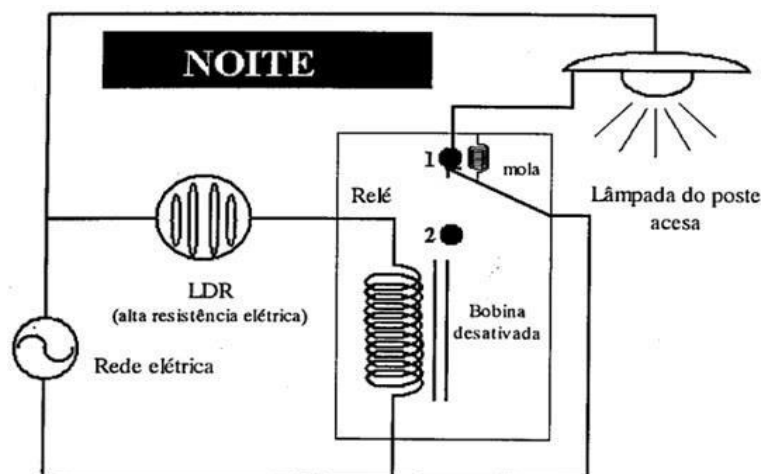


Fonte: Valadares (1998, p. 124).

De acordo com Valadares (1998), a luz do sol que incide no LDR provoca uma ligação entre os elétrons livres com os elétrons da rede causando uma menor resistência elétrica no LDR e permitindo que a corrente elétrica passe pela bobina e crie um campo magnético que nem um ímã (Figura 2). Conseqüentemente a chave do relé é acionada para o ponto 2, evitando então que a corrente chegue à lâmpada, ou seja, quando a chave é acionada para o ponto 2, o circuito está desligado e não permite que a corrente chegue ao filamento da lâmpada.

O acionamento do poste de iluminação acontece quando a luz incidente do sol é considerada baixa ou ausente na superfície do LDR, fazendo com que a sua resistência aumente. Esse aumento provoca ausência de elétrons livres e conseqüentemente a lâmpada acende. Essa etapa geralmente acontece à noite. A Figura 3 ilustra o funcionamento do poste de iluminação à noite.

Figura 7: Funcionamento do poste de iluminação pública (relé fotoelétrico acionado)



Fonte: Valadares (1998, p. 125).

A explicação é contrária à anterior, quando não há luz que incide na superfície do LDR, a resistência elétrica é maior e conseqüentemente a chave do relé é acionada para o ponto 1, permitindo a passagem da corrente elétrica e acionando a lâmpada. Ou seja, quando o circuito estiver no ponto 1, significa que ele está fechado, permitindo que a corrente chegue ao filamento da lâmpada (Figura 3). (VALADARES, 1998).

No que tange à sensibilidade operacional máxima e o material principal para produção do LDR, segundo Valadares (1998, p. 4), encontra-se “[...] na faixa da luz visível (4000 a 7000Å). O material base do LDR é o sulfeto de cádmio (CdS) que é sensível à luz na faixa do visível”. Desta feita, para que o seu funcionamento seja eficaz, dependendo da sua objetividade, deve atender à faixa operacional.

A próxima seção tratará do efeito fotovoltaico tendo em vista que neste trabalho será feita uma comparação entre o efeito fotoelétrico e esse efeito.

2.3 O Efeito fotovoltaico

O foco do estudo do efeito fotovoltaico é entender o processo da conversão da radiação solar em energia elétrica e a diferença existente entre esse efeito e o efeito fotoelétrico, não tendo a pretensão de abordar o processo de criação dos painéis fotovoltaicos.

Em 1839, o físico francês Alexandre Edmond Becquerel quando realizava experiências de eletroquímicas observou a diferença de potencial nas extremidades de um material semicondutor⁶ quando incidia uma luz sobre o material, o que veio a ser conhecido como o efeito fotovoltaico. O fenômeno por trás da conversão da energia solar em energia elétrica é o fenômeno do efeito fotovoltaico (NASCIMENTO, 2004).

A conversão supracitada acontece nas células solares fotovoltaicas que dependem da radiação que incide sobre ela. As células fotovoltaicas são desenvolvidas à base do material de silício cristalino. A primeira célula fotovoltaica em estado sólido foi construída pelo norte-americano Charles Fritts em 1883, vale realçar que a descoberta do efeito voltaico em 1876 de Adams e Day permitiu a criação da primeira célula fotovoltaica (CARNEIRO, 2010).

As células fotovoltaicas são produzidas com materiais semicondutores bastante abundante na natureza, como o silício⁷, por exemplo. Através da manipulação que o silício sofre

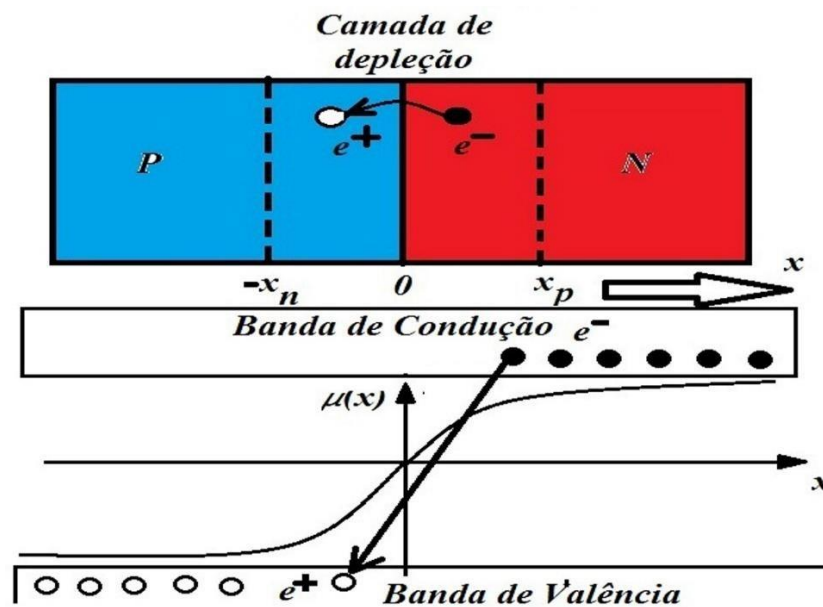
⁶ Os semicondutores são materiais cujas condutividades elétricas se situam entre as dos metais (bons condutores) e a dos isoladores (maus condutores) (CARNEIRO, 2010).

⁷ O silício apresenta-se normalmente como areia. Através de métodos adequados

quando dopado ou acrescentado a um elemento como o fósforo, ele passa a ser um portador de cargas negativas (tipo n) e quando associado a outro elemento como o Boro, ele passa a ser um portador de cargas positivas (tipo p). A junção desses tipos de portadores de cargas é chamada de junção $p-n$, desta junção surge uma camada de depleção na aproximação desses portadores na qual é gerado um campo elétrico interno responsável pelo deslocamento dos elétrons e buracos, onde a condução dos buracos acontece no portador p e dos elétrons no portador n , gerando assim uma diferença de potencial entres os portadores $p-n$. (LIMAS, 2020).

A Figura 4 mostra como acontece o processo da conversão de energia solar em energia elétrica, realçando o funcionamento interno fotocélula.

Figura 8: Conversão de Solar em Elétrica



Fonte: LIMAS ET. AL (2020).

2.4 Efeito fotoelétrico versus Efeito fotovoltaico

O efeito fotoelétrico consiste na produção de pares de elétrons no interior de uma superfície semicondutor pela absorção de fótons que incidem na superfície. Desta absorção dos fótons, acontece a produção de cargas elétricas livres que permite a condução elétrica do material semicondutor. Esse feito pode ser percebido no experimento de baixo-custo do poste de iluminação pública e por meio de outras aplicações de detectores de luz. Cabe frisar que esse efeito não produz e nem gera energia (ALMEIDA, 2000).

obtém-se o silício em forma pura. O cristal de silício puro não possui elétrons livres e, portanto é mal condutor elétrico (NASCIMENTO, 2004).

O efeito fotovoltaico consiste na conversão de energia solar em energia elétrica, o efeito só acontece quando é incidida uma luz no semicondutor do tipo $p-n$, ou seja, quando os elétrons do tipo n se deslocam para região do tipo p gerando uma diferença de potencial entre os semicondutores que produz a energia elétrica.

Realçando que a barreira de potencial é constituída por dois tipos de condutividade ($p-n$) localizadas em duas áreas e a condutividade da barreira acontece devido a iluminação que chega ao semicondutor, através dela as cargas elétricas são separadas por meio do efeito de fotogeração e conseqüentemente, gera energia elétrica (ALMEIDA, 2000).

Ambos os efeitos são compreendidos pelos estudos iniciais de Max Planck e pela explicação de Albert Einstein.

2.5 A experimentação no ensino de física

A Física como ciência para muitos alunos é considerado abstrata e chata que se resume apenas em teorias e fórmulas que não possui uma relação direta com o cotidiano. De acordo com Jucimar Peruzzo (2013, p. 4), essa percepção por parte dos alunos acontece porque as aulas são “conduzidas por profissionais despreparados e que ficam falando de coisas totalmente abstratas, coisas estas que não lhes atraem.”

O contraditório por parte de alguns professores para que a física seja enxergada desse jeito por parte dos alunos deve-se a vários motivos e, de acordo Jucimar Peruzzo (2013, p. 5), deve-se por conta da “falta de atividades preparadas, pouco tempo para o professor planejar e montar experimentos, recursos insuficientes para reposição e compra de equipamentos e materiais de laboratório, número excessivo de alunos por sala, despreparo do docente, etc.”

A experimentação como metodologia de ensino e aprendizado é centrada na relação entre teoria e a prática. Para Suzana Coelho & António Nunes (2003), a experimentação no ensino de Física “[...] remete às atividades de produção, onde a relação entre a teoria e o experimento é bastante interessante. O que se aprende de teórico é utilizado de forma diferente do habitual, [...]” Fica claro que a experimentação como outra possibilidade de ensino de Física pode trazer novos significados de maneira prática daquilo que é abstrato.

Suzana Coelho & António Nunes (2003), descrevem a experimentação para o ensino de Física em três modos, a saber: “o referencial empírico; os conceitos, leis e teorias; e as diferentes linguagens [...]” Na qual o primeiro modo é compreendido como a transformação do mundo real em procedimento e técnicas, ou seja, aplicação ou tecnologias presente no cotidiano; o segundo modo permite que o estudante seja um sujeito ativo e não passivo, ou seja,

o aluno faz uma discussão da teoria e constata por meio dos procedimentos e técnicas os conceitos e leis abordado em sala de aula; e por fim, o terceiro modo é consiste na explicação daquilo que foi constatado.

É fundamental também destacar que, a experimentação de maneira geral coloca o aluno como parte da construção do processo científico na produção do conhecimento, mas para tal, ele deve conhecer as técnicas, métodos e debates, mas definidos pelo professor.

3. METODOLOGIA

Abordagem e procedimento de estudo de caso

A abordagem e o procedimento adotado no presente trabalho consistem numa abordagem qualitativa de estudo de caso. Na abordagem qualitativa, o pesquisador busca compreender o problema que se vive no local em que é implementada a pesquisa por meio contato direto com os participantes do estudo.

O procedimento metodológico é o caminho utilizado por pesquisadores para obter informações que visam responder às perguntas que surgem durante o percurso da pesquisa.

Segundo Félix (2018, p. 42-43), pode-se definir método como um “conjunto de procedimentos que deve ser adotado na investigação e na demonstração da verdade”.

Os percursos metodológicos deste trabalho encontram-se organizados em cinco (5) etapas:

- 1ª. Abordagem e procedimento de estudo de caso;
- 2ª. Espaço físico;
- 3ª. Participantes;
- 4ª. Coleta de dados;
- 5ª. Análise de dados

Para Ludke e André (2012, p.18), a abordagem qualitativa “[...] se desenvolve numa situação natural, é rico em dados descritivos, tem um plano aberto e flexível e focaliza a realidade de forma complexa e contextualizada”.

Assim sendo, o pesquisador busca ser coerente com os dados obtidos durante as etapas da pesquisa.

Para Costa e Costa (2014, p.36), pode-se definir o estudo de caso como “[...] um estudo limitado a uma ou poucas unidades, que podem ser uma pessoa, uma família, um produto, uma instituição, uma comunidade ou mesmo um país”.

Geralmente este tipo de pesquisa é usado quando “O pesquisador procura revelar a multiplicidade de dimensões presentes numa determinada situação ou problema, focalizando-o como um todo” (LUDKE e ANDRÉ, 2012, p.19).

Fica claro que o estudo de caso é um procedimento ou técnica que o pesquisador escolhe para estudar um problema específico. Neste trabalho iremos focar no ensino dos fenômenos de efeito fotoelétrico e do efeito fotovoltaico através da experimentação para o Ensino Médio.

2ª. Espaço físico

O espaço físico é compreendido como o local onde decorrer uma determinada pesquisa, a saber, laboratório, escola, hospital etc.

Desta feita, o espaço físico escolhido para o presente trabalho foram três (3) escolas do ensino médio da região do Maciço de Baturité. A saber, Escola Maria do Carmo Bezerra, que denominamos por Escola A, localizada na cidade de Acarape, Escola Padre Saraiva Leão, que denominamos por Escola B, situada na cidade de Redenção e a Escola Brunilo Jacó, que denominamos por Escola C, localizada na cidade de Redenção/CE. A figura 5 mostra o convite que foi enviado para uma das escolas.

Figura 5: Convite enviado para uma das escolas participantes



Fonte: Próprio autor (2021).

3ª. Participantes

Os participantes deste presente trabalho foram alunos das três (3) escolas supracitadas e professores das turmas que participaram das atividades deste trabalho.

4ª. Coleta de dados

A coleta de dados como procedimento de pesquisa visa buscar de maneira instrumentada e organizada os dados previstos. De acordo com Lakatos (2003), a coleta de dados é compreendida como a etapa da pesquisa em que se começa, de maneira objetiva, a aplicação

dos instrumentos e das técnicas para obtenção dos dados. Para este presente trabalho usou-se a técnica de questionário.

Lakatos (2003, p. 200), refere-se à técnica de questionário como “[...] um instrumento de coleta de dados, constituído por uma série ordenada de perguntas, que devem ser respondidas por escrito e sem a presença do entrevistador”.

Neste intento, a técnica de questionário foi aplicada em duas etapas, compreendidas como etapa pré-questionário e pós-questionário, cujo objetivo foi a obtenção dos dados. Esperou-se do pré-questionário a coleta do conhecimento dos alunos sobre o Efeito Fotoelétrico e as suas aplicações no dia a dia antes da apresentação. A etapa do pós-questionário visou consolidar o conhecimento e o aprendizado dos alunos por meio de experimento.

5ª. Análise de dados

A análise de dados é compreendida como ponto central do trabalho de pesquisa, é a etapa em que se analisam os dados de acordo com a técnica adotada para a sua coleta. Nos ensina Lakatos (2003, p. 167), que a análise de dados “é a tentativa de evidenciar as relações existentes entre o fenômeno estudado e outros fatores. Essas relações podem ser estabelecidas em função de suas propriedades relacionais de causa-feito, produtor-produto, de correlações, de análise de conteúdo etc.”

Deste modo, baseou-se nos dados obtidos por meio dos pré-questionário e pós-questionário de forma fiel usando a técnica de análise de conteúdo e documental.

Bardin (1977, p. 45) nos ensina que a análise de conteúdo consiste “na busca de outras realidades através das mensagens”. Os dados obtidos por meio da técnica de questionário foram fundamentais para análises de realidades das escolas da região do Maciço de Baturité.

E ainda, a mesma autora define a análise documental como “uma operação ou um conjunto de operações visando representar o conteúdo de um documento sob uma forma diferente da original, a fim de facilitar num estado ulterior, a sua consulta e referência” (BARDIN, 1977, p. 46). Cujo objetivo desta análise é o armazenamento e acesso das informações por parte do observador de maneira qualitativa e quantitativa.

A seguir serão descritos os procedimentos dos experimentos realizados.

3.1 Experimento do poste de iluminação pública

3.1.1 Montagem do experimento

Para o confeccionamento do experimento foram necessários os materiais listados na Tabela 3, juntamente com os possíveis custos. Os materiais podem ser adquiridos em uma loja de materiais elétricos.

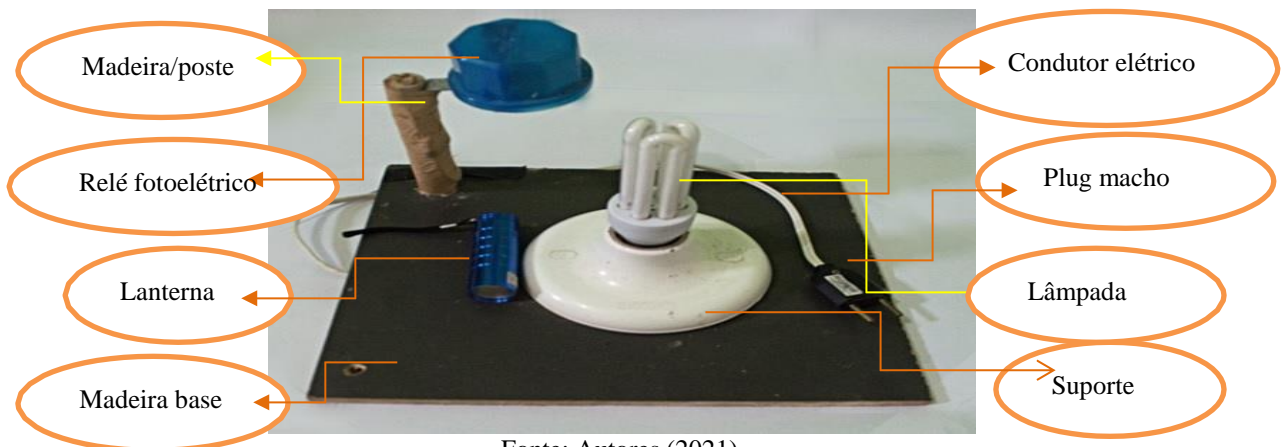
Tabela 3: Relação de materiais usados para a montagem do experimento

Material	Custo aproximado
1 Lâmpada fluorescente	R\$ 10,00
1 Relé fotoelétrico	R\$ 45,00
1 Suporte de lâmpada	R\$ 7,00
1 Plug macho universal	R\$ 2,50
1 Condutor elétrico de 1,5 mm	R\$ 3,00
1 Fita isolante	R\$ 2,00
1 Lanterna	R\$ 15,00
2 Madeiras (para base e para o poste)	R\$ 0,00 (oferta)
Total: R\$ 84,50	

Fonte: Dados da pesquisa (2021).

A montagem do experimento está ilustrada na Figura 7.

Figura 6: Representação do experimento do poste de iluminação pública (desconectado)

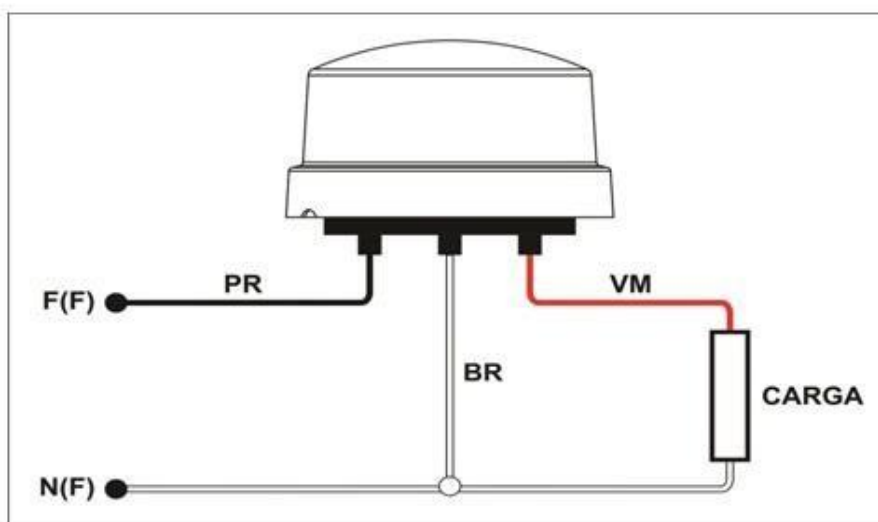


Fonte: Autores (2021).

Para o seu confeccionamento/montagem, inicialmente foi preciso fazer duas perfurações na madeira para anexar o suporte da lâmpada e outra para fixar o poste de madeira.

Na segunda etapa, conectou-se o plug macho universal com o condutor elétrico e foi feita a ligação do relé fotoelétrico no poste com o cuidado de evitar sua exposição à lâmpada, de maneira que a luz da lâmpada não incidisse sobre o relé para não alterar o seu funcionamento. Em relação às ligações do relé fotoelétrico e da lâmpada, deve-se considerar os 3 condutores do relé fotoelétrico e o retorno para a lâmpada, conforme ilustrado na Figura 6.

Figura 7: Ligação do relé fotoelétrico



Fonte: Indústria de Iluminação Inteligente- INTRAL (2021).

O relé fotoelétrico ou fotocélula é um dispositivo elétrico cuja função é acionar ou desacionar uma lâmpada com base na intensidade de luz incidente sobre ele, possui uma semelhança com os interruptores usados nas instalações elétricas residenciais.

As nomeações dos condutores da Figura 6 correspondem às suas funções na ligação do relé fotoelétrico: o condutor de cor preta (PR) é a fase que conecta o plug macho ao relé fotoelétrico; o condutor cinza N(F) é o negativo da fonte de alimentação, conectado ao ponto central do relé fotoelétrico (BR) e a carga, que é equivalente a lâmpada; por último, temos o condutor de cor vermelho (VM) que sai do relé fotoelétrico e vai para a lâmpada, que é conhecido como o retorno do relé fotoelétrico.

Por fim, a Figura 7 apresenta o resultado, que é o acionamento do poste de iluminação quando a luz incidente no relé não é suficientemente intensa para baixar a resistência do LDR. Isso é o que se vê no dia a dia: ao escurecer, sem a presença da luz solar, a lâmpada do poste acende.

Figura 8: Poste de iluminação pública (conectado e sem incidência de luz)



Fonte: Autores (2021).

3.2 O experimento do efeito fotovoltaico

3.2.1 Montagem do experimento

Para o confeccionamento do experimento foram necessários os materiais listados na Tabela 4, associados a valores aproximados. Os materiais podem ser adquiridos em uma loja de materiais elétricos ou em lojas virtuais.

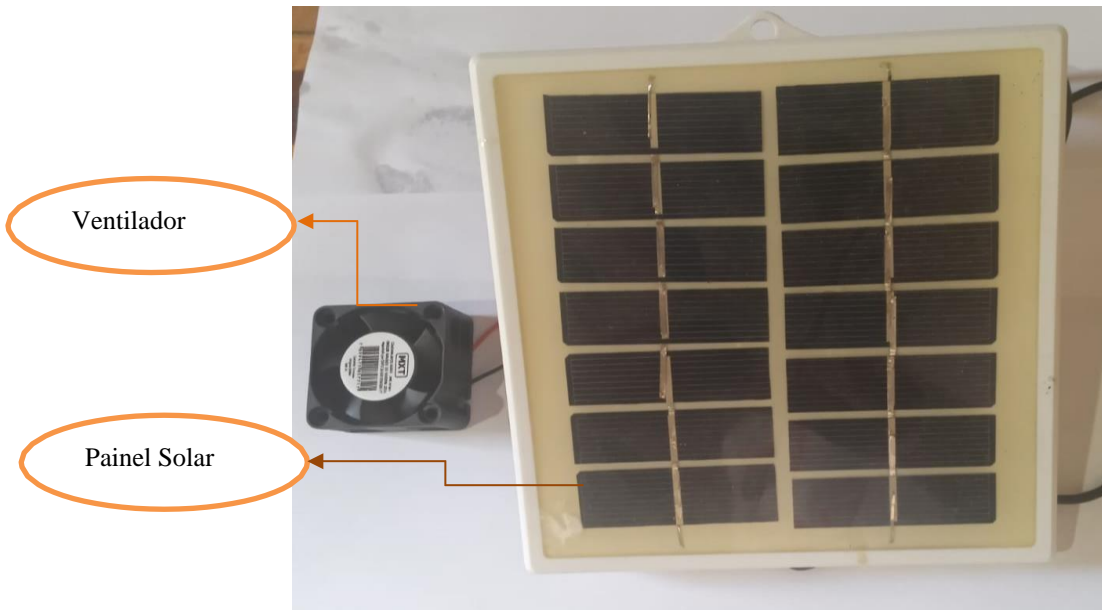
Tabela 4: Relação de materiais usados para a montagem do experimento

Material	Custo aproximado
1 Painel Solar de 7 volts	R\$ 70,00
Ventilador	R\$ 17,00
1 Fita isolante	R\$ 2,00
Total: R\$ 89,00	

Fonte: Dados da pesquisa (2021).

A montagem do experimento do efeito fotovoltaico está ilustrada na Figura 8.

Figura 9: Funcionamento do Paine Solar



Fonte: Autores (2021).

Para a montagem, na etapa inicial, foi preciso fazer a ligação do cooler com o painel solar e, posteriormente, foi colocada a fita isolante na ligação feita na primeira etapa.

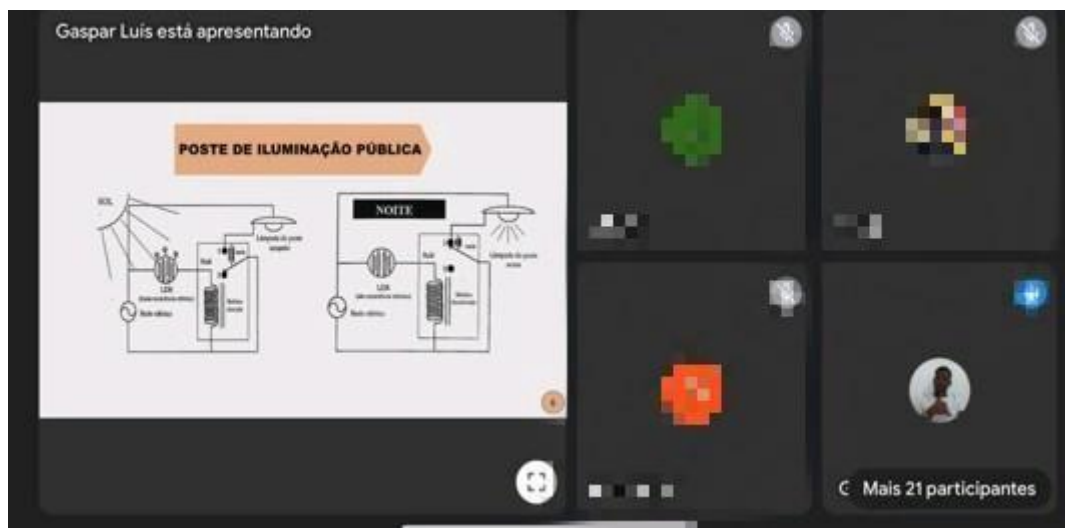
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção, inicialmente serão mostradas algumas imagens das apresentações nas três escolas. Em seguida, será feita a análise dos resultados dos questionários aplicados aos alunos e professores nas três escolas. Primeiramente, serão apresentados os resultados dos formulários aplicados antes da apresentação (pré-formulário); posteriormente os formulários aplicados aos alunos depois da apresentação; por fim, os resultados do formulário respondido pelos professores.

4.1 Apresentações

A figura 10 mostra um momento da apresentação na escola A, que ocorreu no dia 16/08/21.

Figura 10: Momento de apresentação na escola A



Fonte: Acervos dos autores (2021).

A Figura 10 mostra o momento da explicação do efeito fotoelétrico, estavam presentes um pouco mais de 20 pessoas na sala virtual no momento da captura de tela.

A Figura 11 mostra um momento da apresentação na escola B, que ocorreu no dia 23/08/21.

Figura 11: Momento de apresentação na escola B



Fonte: Acervos dos autores (2021).

A Figura 11 mostra o momento da explicação do efeito fotoelétrico, estavam presentes 13 pessoas na sala virtual no momento da captura de tela.

A Figura 12 mostra um momento da apresentação na escola C, que ocorreu no dia 01/09/21.

Figura 12: Momento de apresentação na escola C.

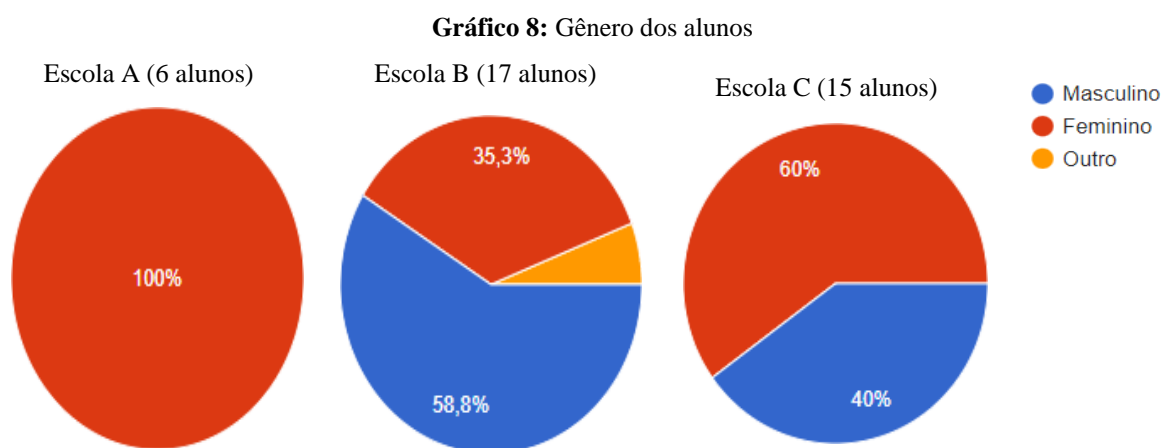


Fonte: Acervos dos autores (2021).

A Figura 12 mostra o momento da explicação do efeito fotovoltaico, estavam presentes 27 pessoas na sala virtual no momento da captura de tela.

4.2 Pré-formulário aplicado aos alunos

O Gráfico 1 mostra o resultado da pergunta sobre o gênero dos alunos para as três escolas (A, B, e C, respectivamente).

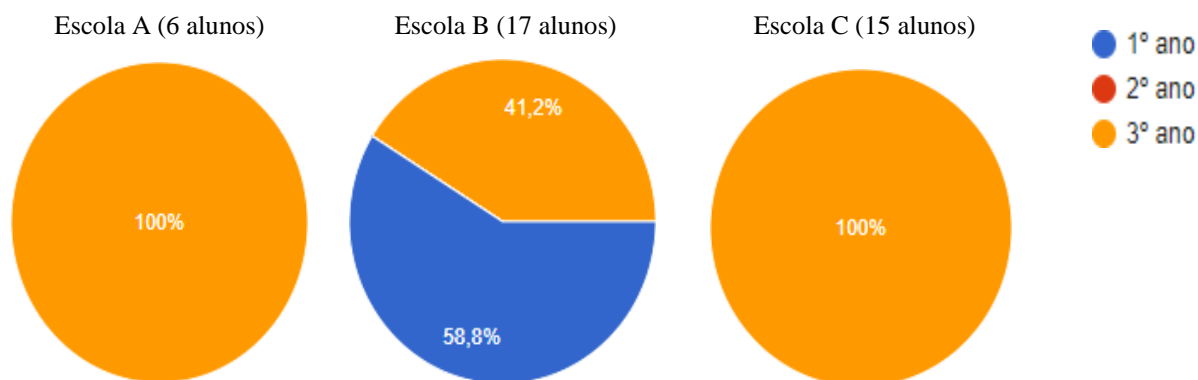


Fonte: Autores (2021).

Como pode-se observar, na escola A, dos 6 respondentes, 100% eram do gênero feminino. Na escola B, dos 17 alunos que responderam, 35,3% (6 alunos) eram do gênero feminino, 58,8% (9 alunos) do gênero masculino e 5,9% (1 aluno) marcaram como outro. Na escola C, dos 15 alunos que responderam, 60% (9 alunos) eram do gênero feminino, 40% (6 alunos) eram do gênero masculino.

Nota-se pelos resultados obtidos que a participação dos alunos no que tange ao gênero, de modo geral, foi equilibrada, correspondendo 21 alunas e 21 alunos e um (a) que marcou outro. Esses resultados mostram que cada vez mais há inserção das mulheres no sistema de ensino e na luta da igualdade do gênero. Apesar disso, segundo Costa e Mariano (2018, p.3), os problemas “[...] porém, persistem problemas relativos às desigualdades como as de raça, renda, gênero e região geográfica.

O gráfico 2 mostra o resultado da pergunta sobre o ano do ensino médio dos alunos das três escolas (A, B, e C, respectivamente).

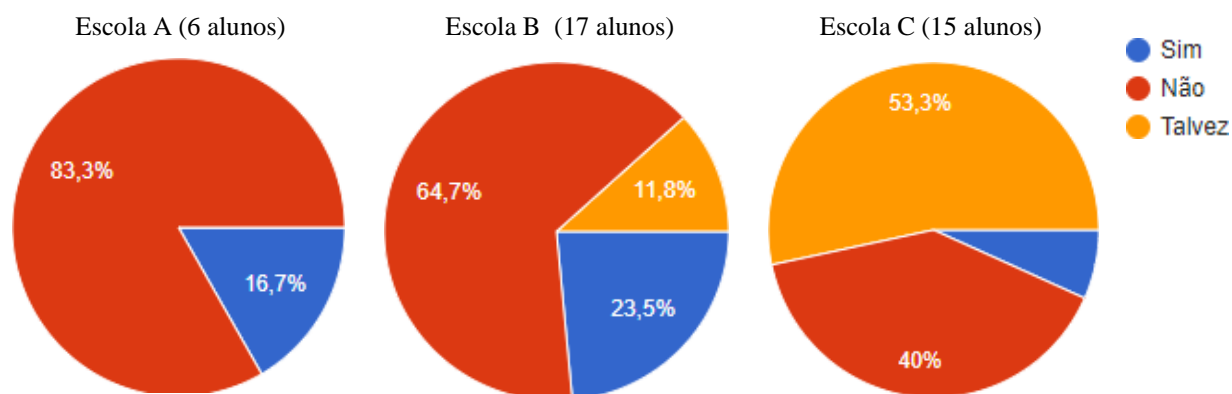
Gráfico 9: Ano do ensino médio dos alunos

Fonte: Autores (2021).

Como pode-se observar, na escola A, dos 6 respondentes, todos os alunos (100%) eram do terceiro ano. Na escola B, dos 17 alunos que responderam, 41,2% (7 alunos) eram do terceiro ano e 58,8% (10 alunos) eram do primeiro ano. Na escola C, todos os 15 alunos respondentes eram do terceiro ano.

As observações realizadas na análise dos dados, sobre o nível escolar dos alunos participantes, mostra que a maioria são alunos do terceiro ano, que corresponde a 28 alunos, e a minoria são alunos do primeiro ano, o que equivale a dez alunos. A participação expressiva dos participantes do terceiro ano deve-se ao fato de o tema ser um conteúdo que é ministrado no referido ano na parte de Física Moderna, o que foi priorizado no contato com os professores.

O gráfico 3 mostra o resultado da pergunta “Já ouviram falar do Efeito Fotoelétrico?” Para os alunos das três escolas (A, B e C, respectivamente).

Gráfico 10: Já ouviram falar do Efeito Fotoelétrico?

Fonte: Autores (2021).

Como pode-se observar, na escola A, 83,3% (5 alunos) responderam que nunca ouviram falar do Efeito Fotoelétrico, 16,7% (1 aluno) já ouviram falar. Na escola B, dos 17 alunos que responderam, 64,7% (11 alunos) nunca ouviram falar, 23,5% (4 alunos) já ouviram falar e 11,8% (2 alunos) marcaram que talvez já tenham ouvido falar. Na escola C, dos 15 alunos respondentes, 53,3% (8 alunos) talvez ouviram falar do Efeito Fotoelétrico, 40% (6 alunos) não ouviram falar e 6,7% (1 aluno) já ouviu falar.

O fato de 22 alunos nunca tenham ouvido falar sobre o efeito fotoelétrico dar-se pela não abordagem do conteúdo da Física Moderna em sala de aula durante o período em que foi aplicado este experimento e por ser um assunto que é abordado no terceiro ano e no final da disciplina. Segundo Eduardo Terrazan (1992, p.2) fala que os “[...] conteúdos que comumente obrigamos sob a denominação de Física Moderna, não atingem os nossos estudantes. Menos ainda os desenvolvimentos mais recentes da Física Contemporânea.”

Para os alunos que responderam “Sim” em relação ao resultado apresentado no Gráfico 3, seguem algumas respostas da pergunta “Já ouviram falar do Efeito Fotoelétrico?” dos alunos das três escolas (A, B e C, respectivamente). Para resguardar a identidade dos alunos, os nomes serão representados de forma fictícias.

É um fenômeno quântico na qual a luz comporta-se como partículas (Tetembua, 2021, Escola A).

É um processo que ocorre quando os fótons que incidem sobre um material apresentam tal energia capaz de arrancar os elétrons de determinado material partículas (Ngueve, 2021, Escola B).

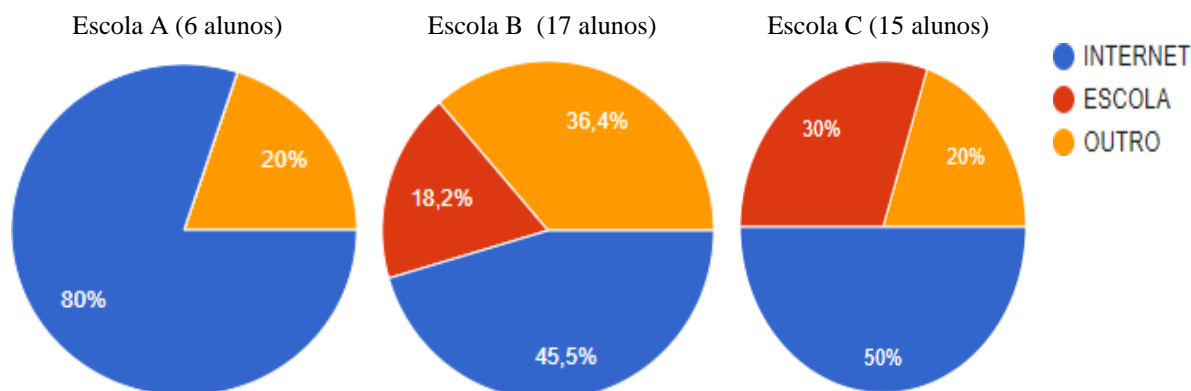
O efeito fotoelétrico é a missão de elétron por um material totalmente metálico (N'zinga, 2021, Escola B).

Bom, eu não lembro de já ouviu falar, mas pelo nome entendo que é algo relacionado com a eletricidade envolvendo a fotografia (Pululo, 2021, Escola C).

É um fenômeno quântico na qual a luz comporta-se como partícula, conhecida como fótons (Sacatonga, 2021, Escola C).

De modo geral, percebe-se que existe uma certa percepção dos alunos sobre o que é o Efeito Fotoelétrico, antes da apresentação do experimento. Em relação as demais respostas, a maioria delas é de fato coerentes e outras não.

O Gráfico 4 mostra o resultado da pergunta sobre onde ouviram falar do Efeito Fotoelétrico dos alunos para as três escolas (A, B, e C, respectivamente).

Gráfico 11: Onde ouviram falar do Efeito Fotoelétrico

Fonte: Autores (2021).

Como pode-se observar no gráfico 4, na escola A, dos 6 respondentes, 80% (5 alunos) disseram que já ouviram falar sobre o Efeito Fotoelétrico, e que foi pela Internet, 20% (1 aluno) ouviu falar por Outro meio. Na escola B, dos 17 alunos que responderam, 45,5% (8 alunos) ouviram falar pela Internet, 18,2% (3 alunos) ouviram falar na escola e 36,4% (6 alunos) ouviram falar por outro meio. Na escola C, dos 15 alunos respondentes, 50% (7,5 alunos) marcaram pela Internet, 30% (4,5 alunos) marcaram na escola e 20% (3 alunos) ouviram falar por outro meio.

Percebe-se que a maioria dos alunos que marcaram “Onde ouviram falar do Efeito Fotoelétrico?” pela internet corresponde cerca de 16 alunos, e a minoria ouviram falar na escola e por outros meios.

Este fato mostra que o assunto é pouco abordado na escola, porque trata-se de um conteúdo que lecionado na parte de Física Moderna e que é apenas estudado no terceiro ano do ensino médio.

Para os alunos que responderam “Onde ouviram falar do Efeito Fotoelétrico?” em relação ao resultado apresentado no Gráfico 4, seguem algumas respostas da pergunta supracitado dos alunos das três escolas (A, B e C, respectivamente). Para resguardar a identidade dos alunos, os nomes serão representados de forma fictícias.

Internet (Tetembua, 2021, Escola A).

Escola (Ngueve, 2021, Escola B).

Internet (Nzinga, 2021, Escola B).

Internet (Sacatonga, 2021, Escola C).

Para Oliveira e colaboradores (2007, p. 447), o fato ocorre porque “[...] os alunos trazem discussões sobre assuntos que leram ou ouviram em revistas, jornais e telejornais e que, por serem mais atuais e/ou estarem presentes no seu dia-a-dia, despertam neles um interesse em conhecer e entender que princípios físicos explicam dado fenômeno.”

Para os alunos que responderam “Outro” em relação aos resultados apresentados no gráfico 4, seguem algumas respostas dos alunos da escola B.

Discutimos um e outro caso inexplicável (Jacinto, 2021, Escola B).

Para a pergunta que dizia “Você poderia dizer algumas das aplicações do Efeito Fotoelétrico?”. Seguem três respostas de alunos de cada uma das escolas.

Televisões (de LCD e plasma), painéis solares (Rosário, 2021, Escola A).

Não sei (Quijila, 2021, Escola A).

Eu não sei (Manguea, 2021, Escola A).

As televisões, os painéis solares... (Lukoki, 2021, Escola B).

Aplicações tecnológicas do efeito fotoelétrico. A mais famosa aplicação tecnológica baseada no efeito fotoelétrico é a célula fotovoltaica, utilizada nos painéis solares (Koki, 2021, Escola B).

Eu não sei ainda exatamente do que se trata (Passo, 2021, Escola B).!!!!

Pelo que entendi o efeito fotoelétrico é usando em objetos e sistemas como TVs e outros (Tchiema, 2021, Escola C).

Aluno 2: Televisões, painéis solares (Sacatinga, 2021, Escola C).

Eu não sei (Canga, 2021, Escola C).

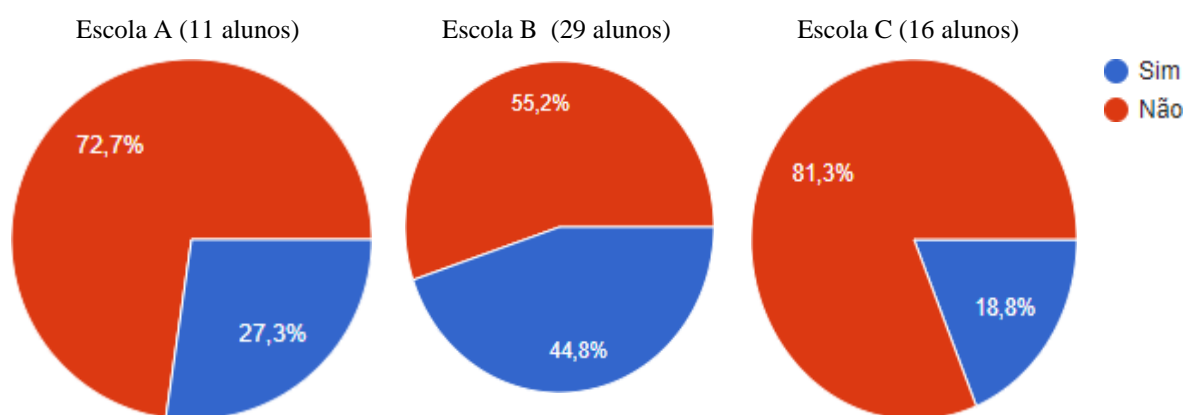
De forma geral, percebe-se claramente que existe uma certa confusão das aplicações do Efeito Fotoelétrico e o Efeito Fotovoltaico. Em relação as demais respostas, a maioria delas não corresponde com as aplicações do fenômeno supracitado e algumas mostram o desconhecimento sobre as aplicações do fenômeno.

Essa observação mostra que realmente os fenômenos ainda não foram abordados em sala de aula e isso foi confirmado durante a apresentação por meio das falas dos professores.

4.3 Pós-formulário aplicado aos alunos

A seguir serão apresentados os resultados do formulário aplicado após a apresentação nas escolas. O Gráfico 5 mostra o resultado da pergunta “Você sabia da relação entre o efeito fotoelétrico e o poste de iluminação pública?” para os alunos para as três escolas (A, B, e C, respectivamente).

Gráfico 12: Você sabia da relação existente entre o Efeito Fotoelétrico e o poste de iluminação pública?



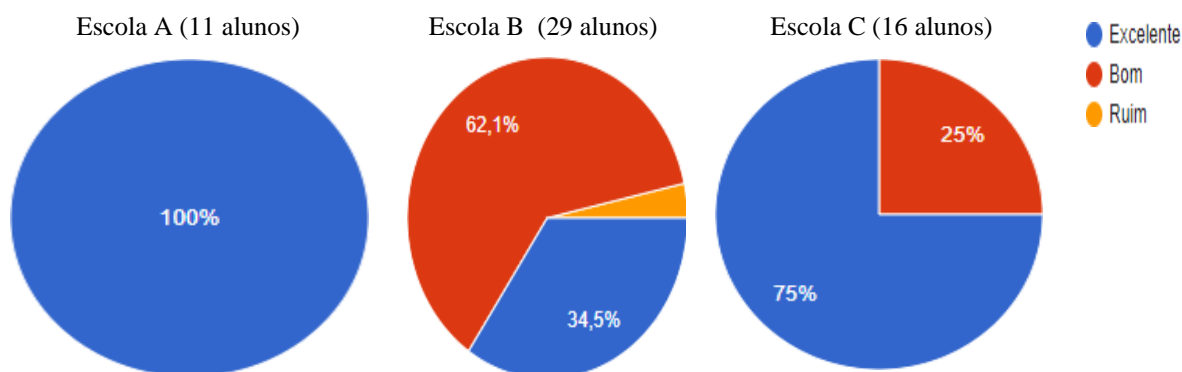
Fonte: Autores (2021).

Como pode-se observar, na escola A, dos 11 respondentes, 72,7% (8 alunos) marcaram que não sabiam da relação entre o efeito fotoelétrico e o poste de iluminação pública e 27,3% (3 alunos) marcaram “sim”, que já sabiam. Na escola B, dos 29 alunos que responderam, 55,2% (16 alunos) marcaram “não” e 44,8% (13 alunos) marcaram “sim”. Na escola C, dos 16 alunos que responderam, 81,3% (13 alunos) marcaram “não” e 18,8% (3 alunos) marcaram “sim”.

Do total, nota-se que 37 alunos, que corresponde a maioria, marcaram que não sabiam da relação existente entre o Efeito Fotoelétrico e o poste de iluminação pública, em detrimento dos 19 alunos que disseram já saber. Esse resultado mostra o quão importante foi apresentar o experimento do efeito fotoelétrico para os alunos, mostrando sua aplicação no dia-a-dia.

O Gráfico 6 mostra o resultado da pergunta sobre o que os alunos acharam do experimento do efeito fotoelétrico, para os alunos para as três escolas (A, B, e C, respectivamente).

Gráfico 13: O que achou do experimento do Efeito Fotoelétrico



Fonte: Autores (2021).

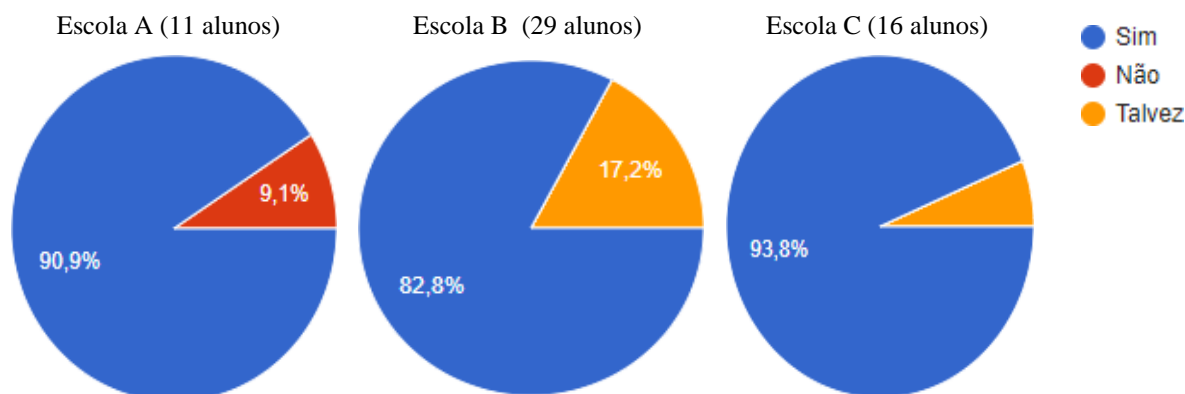
Como pode-se observar, na escola A, dos 11 alunos respondentes, 100% marcaram que acharam “Excelente” o experimento de baixo custo do Efeito Fotoelétrico. Na escola B, dos 29 alunos respondentes, 62,1% (18 alunos) acharam o experimento bom, 34,5% (10 alunos) acharam “Excelente” e 3,4% (1 aluno) marcou “Ruim”. Na escola C, dos 16 alunos respondentes, 75% (12 alunos) marcaram “Excelente” e 25% (4 alunos) marcaram “Bom”.

Nota-se que o *feedback* dos alunos sobre o uso de experimento de baixo custo para abordagem do Efeito Fotoelétrico foi bastante satisfatória. Imagina-se que o experimento tenha permitido esclarecer sobre o funcionamento do poste iluminação pública e qual o fenômeno físico está associado ao acionamento e desacionamento do poste. De acordo com Luciene (2012, p.10), a experimentação como “atividade experimental pode ser um ótimo recurso para as aulas de Física ao despertar emoções positivas nos alunos, tal como a curiosidade e o estranhamento, o que causa uma motivação inicial em aprender.”

No decorrer da apresentação constatou-se várias indagações por parte dos alunos ao observarem o funcionamento do poste de iluminação pública e o funcionamento do painel solar na produção de energia elétrica; corroborando com o supracitado de Luciene.

O Gráfico 7 mostra o resultado da pergunta “Você acredita que é importante o uso da experimentação no ensino de Física?” para os alunos das três escolas (A, B, e C, respectivamente).

Gráfico 14: Resposta para a pergunta “Você acredita que é importante o uso da experimentação no ensino de Física?”



Fonte: Autores (2021).

Como pode-se observar, na escola A, dos 11 respondentes, 90,9% (10 alunos) marcaram “Sim”, que acreditam que é importante o uso da experimentação no ensino de Física e 9,1% (1 aluno) marcou “Não”. Essa resposta negativa contradiz de certa forma o resultado do Gráfico 6 da escola A, em que todos os alunos acharam o experimento excelente. Na escola B, dos 29 alunos participantes, 82,8% (24 alunos) marcaram “Sim” e 17,2% (5 alunos) marcaram “Talvez”, o que é uma minoria dos alunos. Na escola C, dos 16 alunos respondentes, 93,8% (15 alunos) marcaram “Sim” e 7,2% (1 aluno) marcaram “Talvez”.

Através dos dados coletados no Gráfico 7, percebe-se que a maioria dos alunos (49 dos 56) concordam com a importância do ensino de Física por meio da experimentação. De acordo com Batista e colaboradores (2009), a experimentação é bastante importante porque ela permite “[...] que o aluno estabeleça a dinâmica e indissociável relação entre teoria e prática a realização de experimentos, em Física.” Desta abordagem, entende-se que é fundamental implementar ou criar atividades experimentais com materiais que vão de acordo com a realidade das escolas.

Para a pergunta 4 que dizia “O que aprendeu sobre o efeito fotoelétrico? Saberá explicar sua diferença com efeito fotovoltaico?”, seguem 3 respostas de cada uma das escolas. Para , os alunos serão representados por nomes fictícios.

Muita coisa que é uma um fenômeno quântico no qual a luz comporta-se como partículas, conhecidas como fótons (Nzimba, 2021, Escola A).

O efeito fotovoltaico é caracterizado pelo surgimento de uma tensão e o efeito fotoelétrico é caracterizado pela emissão de um elétron do material, (Ngola, 2021, Escola A).

Fenômeno na qual a luz comporta-se como partículas , fotovoltaico utiliza da luz do sol para transformá-los em partículas de eletricidade (Vissola, 2021, Escola A).

Aprendi que os sensores que estão presentes nos postes que são os reles fotoelétricos detectam que em determinado horário a luz do sol já não é suficiente para iluminar o local e com isso ele se acendem. A diferença do efeito fotoelétrico para o efeito fotovoltaico é que o efeito fotoelétrico não produz energia e permite acionar equipamentos , já o efeito fotovoltaico produz energia e não permite acionar equipamentos (Nambelo, 2021, Escola B).

O efeito fotoelétrico é caracterizado pela emissão de um elétron do material, o efeito fotovoltaico é caracterizado pelo surgimento de uma tensão (Chilula, 2021, Escola B).

Um fenômeno quântico no qual a luz comporta-se como partículas, conhecidas como fótons. O efeito fotoelétrico consiste na ejeção de elétrons da superfície de algum material iluminado que é exposta a uma fonte luminosa de certa frequência (Ngana, 2021, Escola B).

Fotoelétrico Não produz energia, permitindo ativação de equipamentos, enquanto no fotovoltaico produz energia e não permite a ativação dos equipamentos (Mafuid, 2021, Escola C).

Aprendi que ele está presente no funcionamento dos postes de iluminação. Enquanto o efeito fotoelétrico é caracterizado pela emissão de um elétron do material, o efeito fotovoltaico é caracterizado pelo surgimento de uma tensão (Mavod, 2021, Escola C).

São particular elementares que possui energia e são mediadores do efeito fotoelétrico. Fotoelétrico é caracterizado pela emissão de um eleitor do material e o fotovoltaico caracterizado pelo surgimento de uma tenção (Nsimba, 2021, Escola C).

No que tange a análise geral, nota-se que depois da explicação sobre o que é o Efeito Fotoelétrico e sobre sua diferença em relação ao Efeito Fotovoltaico, ficou bastante claro o entendimento dos alunos sobre os fenomenos supracitados e as suas diferenças, tais como a produção de energia elétrica por meio da luz do sol “Efeito Fotovoltaico” ; o acionamento e desacionamento do poste de iluminação pública “Efeito Fotoelétrico”. Em relação às demais respostas, a maioria delas traz relação com o que foi apresentado.

Para a pergunta 5 que dizia “Poderia citar algumas aplicações do efeito fotoelétrico?”, seguem 2 respostas de cada uma das escolas.

As televisões (de LCD e plasma), os painéis solares, as reconstituições de sons nas películas de um cinematógrafo, as iluminações urbanas, os sistemas de alarmes, as portas automáticas e os aparelhos de controle (contagem) dos metrô (Chionga, 2021, Escola A).

Os sistemas de alarmes e os painéis solares (Tchipuete, 2021, Escola A).

Alguns exemplos são os postes de luz , as portas automáticas, painéis solares... (Bolingó, 2021, Escola B).

As televisões (de LCD e plasma), os painéis solares, as reconstituições de sons nas películas de um cinematógrafo, as iluminações urbanas, os sistemas de alarmes, as portas automáticas, os aparelhos de controle (contagem) dos metrô (Fofana, 2021, Escola B).

Sistemas de segurança, controle dentre outros (Pacheco, 2021, Escola C).

Ele está presente nos postes de iluminação, quando tem a ausência do sol, a luz do poste acende (Bassula, 2021, Escola C).

De modo geral, percebe-se que as aplicações dos fenômenos físicos estão acopladas nas tecnologias e nos avanços tecnológicos do nosso cotidiano. Em relação às demais respostas, a maioria delas mostram de maneira clara algumas aplicações do Efeito fotoelétrico no nosso dia a dia e algumas mostram as aplicações de outro fenômeno físico, o Efeito Fotovoltaico. Nesse último caso, revela que alguns ainda não conseguiram distinguir os fenômenos estudados.

Para a pergunta 6 que dizia “Gostaria de deixar algum comentário sobre a aula de hoje?”, seguem 3 respostas de cada uma das escolas.

Aluno 1: Sim, foi uma excelente aula e explicação obrigada e volte mais vezes (N'gonga, 2021, Escola A).

Excelente, assuntos que fazem parte do cotidiano e que passa despercebido (N'gongo, 2021, Escola A).

Foi excelente a aula de hoje, amei demais o assunto e está de parabéns pela apresentação (Zumba, 2021, Escola B).

Muito interessante á aula com boa forma de aprender para passa para outras pessoas (Otchali, 2021, Escola B).

Espero ter mais aulas assim (Kiala, 2021, Escola B).

Foi muito boa, tive a oportunidade de conhecer um assunto no qual sempre tive muita curiosidade, e, na internet não havia explicação tão bem feita como a que foi dada na aula (Miúdo, 2021, Escola B).!

Aula bastante interessante, principalmente pelos experimentos dos efeitos fotoelétrico e fotovoltaico (Kimbamba, 2021, Escola C).

O professor deu uma ótima explicação sobre os dois efeitos, aula bastante produtiva (Kiacó, 2021, Escola C).

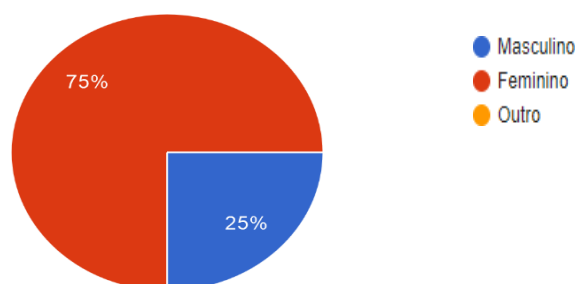
Ótima explicação, muito interessante conhecer sobre o assunto, entender como as coisas presentes no dia a dia funcionam (Fuca, 2021, Escola C).

Em geral, entende-se que as explicações de fenômenos físicos em sala de aula por meio da experimentação de baixos custos permite que o professor explore ao máximo o conteúdo proposto e explique melhor o impacto do assunto no cotidiano do aluno. Em relação as demais respostas, todas elas foram bastante positivas e motivadoras para melhorias nas futuras aulas.

4.4 Formulário aplicado aos professores

O Gráfico 8 mostra o resultado da pergunta sobre o gênero dos professores das três escolas (A, B e C, respectivamente).

Gráfico 8: Resultado da pergunta sobre o gênero dos professores



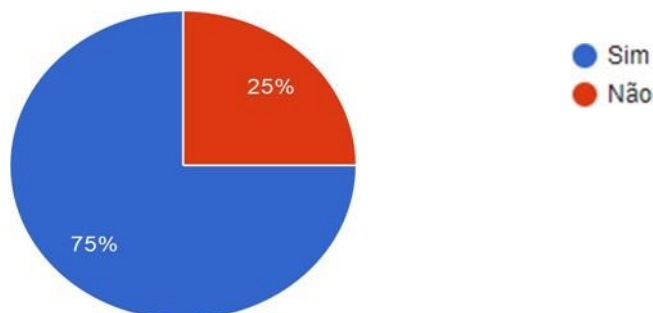
Fonte: Autores (2021).

Como pode-se observar, dos 4 respondentes, 75% (3 professores) eram do gênero feminino e 25% (1 professor) era do gênero masculino.

Da análise dos dados obtidos sobre os gêneros dos professores, percebe-se que majoritariamente são mulheres que corresponde, mostrando que existe de fato mulheres ligada ao ensino de Física. Apesar de ainda existirem uma desigualdade massiva de desempenhos de funções entre mulheres e homens dentro do ensino de Física. Segundo Grossi et al. (2016, p.5), pelo fato de a mulher ser vista como responsável “[...] pela educação dos pequenos, o que, muitas vezes, perpassou o papel de instruir, sendo uma figura associada à educação, zelo, higiene, alimentação – uma figura que se assemelhava ao papel maternal.”

O Gráfico 9 mostra o resultado da pergunta “Já ouviram falar do Efeito Fotoelétrico?” Para os professores das três escolas (A, B e C, respectivamente).

Gráfico 9: Resultado da pergunta sobre “Já ouviram falar do Efeito Fotoelétrico?”



Fonte: Autores (2021).

Como pode-se observar, dos 4 respondentes, 75% (3 professores) responderam que já ouviram falar do Efeito Fotoelétrico, 25% (1 professora) não ouviu falar. Essa resposta “não” deve-se pelo fato de a professora correspondente não ser formada na área de Física e não atuar como professora nesta disciplina. Os demais professores atuam como professor da disciplina de Física.

O Gráfico 10 mostra o resultado da pergunta “O que você achou do experimento do efeito fotoelétrico?” Para os professores para as três escolas (A, B, e C, respectivamente).

Gráfico 10: Resultado da pergunta sobre o “O que você achou do experimento do Efeito Fotoelétrico?”



Fonte: Autores (2021).

Como pode-se observar, todos os professores marcaram “Excelente”, mostrando que aprovaram o experimento de baixo custo do Efeito Fotoelétrico.

De acordo com Batista e colaboradores (2009), o ensino da Física por meio de experimento “[...] deve ser ressaltado como fator motivante no processo ensino-aprendizagem, dado que auxilia na predisposição do aluno para os estudos e pode, assim, interferir diretamente em sua aprendizagem.”

Para a pergunta 4 que dizia “O que acha de aulas/apresentações como a que ocorreu em sua turma?”, seguem as respostas dos quatro professores. Para resguardar a identidade dos professores, os nomes serão representados de forma fictícias.

Uma metodologia que contribui bastante no processo da aprendizagem do ensino de física. (Catito, 2021, Escola C).

De grande valia , precisamos de mais práticas para ressignificar o ensino da física . (Petelé, 2021, Escola A).

São de extrema importante para a contextualização da Física no nosso cotidiano. (Vunda, 2021, Escola B).

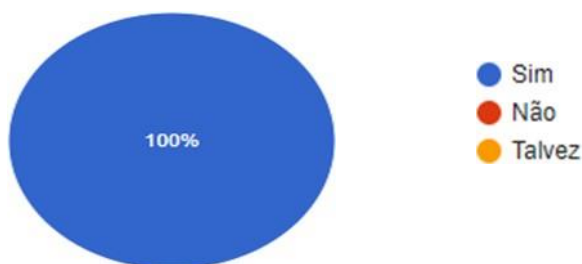
Acredito que é importante trazer experimentos práticos para as aulas de física, pois as aplicações da física no nosso cotidiano. (Luena, 2021, Escola C).

Os comentários, de modo geral, sobre a metodologia ativa adotada na apresentação em sala de aula, mostram de forma clara que o método usado é bastante útil para o ensino e aprendizagem do ensino da Física. Vale destacar que a metodologia adotada é diferente do método tradicional, pois buscou-se auxiliar o ensino da Física por meio de experimento.

De acordo com Silva (2012, p.9), o método usado permite que aconteça “[...] uma abordagem interativa e articulada com algumas aplicações tecnológicas vivenciadas no cotidiano, pode despertar essas emoções, que, se usadas de forma adequada pelo professor, podem manter a atenção inicial despertada no aluno e a sua disponibilidade em aprender.”

O Gráfico 11 mostra o resultado da pergunta “Você acredita que é importante o uso da experimentação no ensino de Física?” para os quatro professores.

Gráfico 11: Resultado da pergunta sobre o “Você acredita que é importante o uso da experimentação no ensino de Física?”



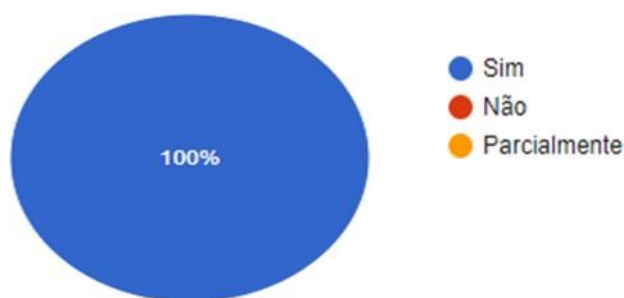
Fonte: Autores (2021).

Como pode-se observar, todos os professores marcaram “Sim”, concordando com a importância da da experimentação no ensino da Física.

As resposta dos professores mostraram claramente que o uso da experimentação no ensino da Física é de suma importância para o aprendizado do aluno. Para Silva (2012), o uso da experimentação “[...] pode ser um ótimo recurso para as aulas de Física ao despertar emoções positivas nos alunos, tal como a curiosidade e o estranhamento, o que causa uma motivação inicial em aprender.”

O Gráfico 12 mostra o resultado da pergunta “Acredita que a realização da atividade com experimentos em modo remoto satisfaz o objetivo da apresentação? ” para os quatro professores.

Gráfico 12: Resultado da pergunta sobre o “Acredita que a realização da atividade com experimentos em modo remoto satisfaz o objetivo apresentado?”



Fonte: Autores (2021).

Como pode-se observar, todos os quatro professores marcaram “Sim”, concordando que a realização da atividade com experimentos em modo remoto satisfaz o objetivo da apresentação. Esse resultado mostra que de fato a adaptação do ensino não inviabiliza o aprendizado do aluno, seja ela de maneira presencial ou remoto. Segundo Cardoso e Takahashi (2011), a experimentação permite que o estudante consiga compreender, simplificar, modelar problema,

criar hipóteses, verificar hipóteses, realizar medidas, analisar dados e elaborar conclusões por meio de experimentos de baixos custos e não só.

Para a pergunta 4 que dizia “Teria alguma sugestão/crítica a fazer? Agradeço sua atenção”, seguem as respostas dos professores.

Levar o experimento para apresentar na escola (Catito, 2021, Escola C).

Só elogiar o excelente desempenho . (Petelé, 2021, Escola A).

Não, só espero que pudesse ser apresentado presencialmente.(Vunda, 2021, Escola B).

Procurar utilizar objetos reciclados w de fácil aquisição para a realização de experimentos. (Luena, 2021, Escola C).

De modo geral, percebe-se que as sugestões dos professores são bastantes viáveis atendendo a situação pandêmica em que foi apresentado o trabalho de forma remota. Perspectiva-se que a apresentação será bastante impactante caso seja no ensino presencial.

5. CONCLUSÃO

Este trabalho teve por objetivo analisar o conhecimento dos alunos sobre o Efeito Fotoelétrico (EF) e suas aplicações no dia a dia e propor um ensino do EF por meio de experimentação de baixo custo, fazendo uma comparação com o Efeito Fotovoltaico. Por meio dos questionários prévios, pode-se perceber que a maioria dos alunos das três escolas não tinham conhecimento sobre o assunto, mas, com as apresentações e exposições dos experimentos, verificou-se que os alunos, em sua maioria, compreenderam e mostraram-se interessados no conteúdo. Foi perceptível o entusiasmo, a concentração dos alunos e desejo de querer aprender, apesar do momento de pandemia em que o trabalho foi executado.

Na visão dos professores, eles acharam interessante os experimentos e a metodologia adotada, sugerindo que também fosse apresentado no ensino presencial. O uso da experimentação favorece o interesse e a aprendizagem, especialmente para tratar de assuntos mais abstratos, como o efeito fotoelétrico.

Conclui-se este trabalho conseguiu mostrar para os participantes a relação do efeito fotoelétrico com a iluminação pública dentre outras aplicações. Além de ter trazido um comparativo com o efeito fotovoltaico. Conclui-se também que a experimentação tem um papel muito importante no processo de aprendizagem dos alunos, no modo presencial ou remoto, sobre as tecnologias e fenômenos Físicos presente no seu cotidiano.

REFERÊNCIAS

BATISTA, M. C.; FUSINATO, P. A.; BLINI, R. B. Reflexões sobre a importância da experimentação no ensino de Física. **Acta Scientiarum. Human and Social Sciences**, v. 31, n. 1, p. 43-49, 2009.

DOMINGUINI, L. Física moderna no Ensino Médio: com a palavra os autores dos livros didáticos do PNLEM. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 34, 2012.

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

DE CAMPOS VALADARES, E.; MOREIRA, A. M. Ensinando física moderna no segundo grau: efeito fotoelétrico, laser e emissão de corpo negro. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 15, n. 2, p. 121-135, 1998.

DOS SANTOS, E. S.; DOS SANTOS MENEZES JR, R.; DA SILVA SANTANA, V. M. Determinação experimental da constante de Planck pela observação da corrente de descarga de um capacitor. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, n. 3, p. 824-836, 2015.

PARANÁ. Secretaria de Estado da Educação. Superintendência de Educação. O professor PDE e os desafios da escola pública paranaense, 2008. Curitiba: SEED/PR., 2011. V.1. (Cadernos PDE). Disponível em: www.gestaoescolar.diaadia.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=20. Acesso em: DD/MM/AA. ISBN 978-85-8015-039-1.

DO NASCIMENTO, C. A. Princípio de funcionamento da célula fotovoltaica. **Diss. Universidade Federal de Lavras**, 2004.

LIMA, A. A. et al. Uma revisão dos princípios da conversão fotovoltaica de energia. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 42, 2020.

PERUZZO, J. **A Física Através De Experimentos**. Clube de Autores (managed).

SÉRÉ, M.-G.; COELHO, S. M.; NUNES, A. D. O papel da experimentação no ensino da física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 20, n. 1, p. 30-42, 2003.

DA SILVA FELIX, J. H. **Como escrever bem: projeto de pesquisa e artigo científico**. Appris Editora e Livraria Eireli-ME, 2018.

DE PESCE, M. K.; DE ANDRÉ, M. E. D. A. Formação do professor pesquisador na perspectiva do professor formador. **Formação Docente–Revista Brasileira de Pesquisa sobre Formação de Professores**, v. 4, n. 7, p. 39-50, 2012.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed.-São Paulo: Atlas, 2003.

GROSSI, M. G. R. et al. As mulheres praticando ciência no Brasil. **Revista Estudos Feministas**, v. 24, p. 11-30, 2016.

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

TAKAHASHI, E. K.; CARDOSO, da. C. Experimentação remota em atividades de ensino formal: um estudo a partir de periódicos Qualis A. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 11, n. 3, p. 185-208, 2011.

LAGE, E. Planck. **Revista de Ciência Elementar**, v. 8, n. 3, 2020.

DIONISIO, P. H. Albert Einstein e a física quântica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 22, n. 2, p. 147-164, 2005.

ANTUNES, L. C. S. Radiação de corpo negro: lei de Stefan-Boltzmann, lei do deslocamento de Wien. 2012. Tese de Doutorado.

PEREIRA, S. J.; ZARA, Reginaldo A. Determinação Experimental da Constante de Planck. 2008.

DOS SANTOS, G.G.; RODRIGUES, R.G.; GONZÁLEZ-BORRERO, P. P. Instrumentação de baixo custo para o ensino de física. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 4, p. 40469-40481, 2021.

SALOMÃO, J. P. Q. C.; DE ARAUJO, Rafael Rodrigues. Estado da questão sobre a formação inicial de professores para o ensino de Física Moderna e Contemporânea. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 38, n. 1, p. 459-478, 2021.