

ESTUDO DO EFEITO FOTOELÉTRICO POR PROBLEMATIZAÇÃO NO INSTITUTO FEDERAL EM XAPURI/AC

STUDY OF THE PHOTOELECTRIC EFFECT BY PROBLEMATIZATION IN FEDERAL INSTITUTE IN XAPURI/AC

ESTUDIO DEL EFECTO FOTOELÉCTRICO POR PROBLEMATIZACIÓN EN INSTITUTO FEDERAL EN XAPURI/AC

Isaías Fernandes Gomes*

Bianca Martins Santos**

Gahelyka Agha Pantano Souza***

Antonio Romero da Costa Pinheiro****

RESUMO

O ensino sobre o efeito fotoelétrico nas escolas de Ensino Médio, muitas vezes, é negligenciado, geralmente, por fazer parte da ementa do último ano da disciplina de Física. Com a necessidade de os alunos acompanharem os avanços tecnológicos presentes no cotidiano, em particular, desenvolvidos a partir do uso de fotocélulas, o trabalho tem como objetivo relatar a experiência didática sobre esse tema utilizando os Três Momentos Pedagógicos, realizada com estudantes do Instituto Federal do Acre em Xapuri, cidade do interior do estado. O estudo do efeito fotoelétrico e sua utilidade observada no dia a dia, como acionamento de portas, torneiras, iluminação pública e demais aplicações foram problematizados. Como resultado, destaca-se que foi possível verificar a participação, o entusiasmo e o envolvimento dos alunos nas discussões sobre o tema abordado, bem como uma reflexão crítica entre eles sobre alguns problemas vivenciados na própria cidade.

Palavras-chave: Três Momentos Pedagógicos. Ensino de Física. Efeito fotoelétrico.

* Mestre em Ensino de Física pela Universidade Federal do Acre (Ufac). Docente de Física no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Acre, Campus Xapuri (Ifac), Xapuri, Acre, Brasil. Endereço para correspondência: Rua Cel. Brandão, 390, Centro, Xapuri-AC, Brasil, CEP: 69930-000. E-mail: isaias.gomes@ifac.edu.br

** Doutorado em Física pela Universidade Federal Fluminense (UFF). Professor do Magistério Superior na Universidade Federal do Acre (Ufac), Rio Branco, Acre, Brasil. Endereço para correspondência: Centro de Ciências Biológicas e da Natureza, Universidade Federal do Acre. Rodovia BR 364, Km 04 - Distrito Industrial, Rio Branco - AC, Brasil, CEP: 69920-900. E-mail: bianca.santos@ufac.br

*** Doutorado em Educação pela Universidade Federal do Paraná (UFPR). Professor do Magistério Superior na Universidade Federal do Acre (Ufac), Rio Branco, Acre, Brasil. Endereço para correspondência: Centro de Ciências Biológicas e da Natureza, Universidade Federal do Acre. Rodovia BR 364, Km 04 - Distrito Industrial, Rio Branco - AC, Brasil, CEP: 69920-900. E-mail: gahelyka.souza@ufac.br

**** Doutorado em Física pelo Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF). Professor do Magistério Superior na Universidade Federal do Acre (Ufac), Rio Branco, Acre, Brasil. Endereço para correspondência: Centro de Ciências Biológicas e da Natureza, Universidade Federal do Acre. Rodovia BR 364, Km 04 - Distrito Industrial, Rio Branco - AC, Brasil, CEP: 69920-900. E-mail: antonio.pinheiro@ufac.br

ABSTRACT

Teaching about the photoelectric effect in high schools is often overlooked because it is part of the third-year syllabus from the discipline of physics. With the need for students to follow the technological advances present in daily life, particularly developed from the use of photocells, the work aims to report the didactic experience using the three pedagogical moments on this topic with students Federal Institute of Acre in Xapuri, a city in the interior of the state. The study of the photoelectric effect and its usefulness observed in the day-to-day, such as doors activation, taps, street lighting, and other applications were problematized. As result, it was highlighted that it was possible to verify the participation, enthusiasm, and involvement of the students in the discussions on the subject addressed, as well as a critical reflection among students about some problems experienced in the city itself.

Keywords: Three Pedagogical Moments. Physics Teaching. Photoelectric effect.

RESUMEN

La enseñanza sobre el efecto fotoeléctrico en las escuelas secundarias a menudo se descuida, generalmente porque es parte del menú del último año de la disciplina de la física. Con la necesidad de que los estudiantes acompañen los avances tecnológicos presentes en la vida cotidiana, en particular desarrollados a partir del uso de fotocélulas, el trabajo tiene como objetivo relatar la experiencia didáctica utilizando los tres momentos pedagógicos sobre este tema con estudiantes Instituto Federal do Acre en Xapuri, ciudad del interior del estado. Se problematizó el estudio del efecto fotoeléctrico y su utilidad observada en la vida cotidiana, como activación de puertas, grifos, alumbrado público y otras aplicaciones. Como resultado, se destaca que fue posible verificar la participación, entusiasmo e involucramiento de los estudiantes en las discusiones sobre el tema abordado, así como una reflexión crítica entre los estudiantes sobre algunas problemáticas vividas en la propia ciudad.

Palabras clave: Tres Momentos Pedagógicos. Enseñanza de la Física. Efecto fotoeléctrico.

1 INTRODUÇÃO

Entre a última década do século XIX e as primeiras décadas do século XX, nascia a Física Moderna, um novo conhecimento científico fundamentado na Mecânica Quântica e na Teoria da Relatividade. No Ensino Médio, em particular nos Institutos Federais, a Física Moderna deve possibilitar o entendimento de diversas situações vivenciadas pelos estudantes no cotidiano. O funcionamento automático de uma porta, de uma lâmpada de iluminação pública ou de uma torneira são aplicações, por exemplo, da Física Moderna, em particular do efeito fotoeléctrico.

Embora esteja presente no cotidiano, o conteúdo de Física Moderna raramente é abordado ou nem chega a ser visto no Ensino Médio. Isso pode ser justificado pela falta de tempo ou porque tal conteúdo só aparece nos livros didáticos já nos capítulos finais ou, ainda, pela falta de capacitação dos docentes (KOPP; DE ALMEIDA, 2019; BONFIM; COSTA;

NASCIMENTO, 2019). Outro problema para a abordagem do tema de Física Moderna nas escolas pode estar relacionado à dificuldade de realização de atividades experimentais que atendam às necessidades do planejamento educacional, considerando a necessidade do aparelhamento de laboratórios com adequados equipamentos, por um lado, e o seu desuso e obsolescência, por outro (ROCHA; RICARDO, 2014).

Além disso, quanto ao ensino do efeito fotoelétrico no Ensino Médio, tema principal abordado no trabalho, a situação tem sido alarmante, uma vez que a disciplina de Física é pouco atraente para a maioria dos alunos, devido à forma como ela é apresentada, distanciando-se a teoria da prática (RICARDO; FREIRE, 2007). Outro fator considerado diz respeito aos profissionais sem formação específica na área de Física, que atuam como professores desse componente curricular. Da Rosa, Cótica e Henrique (2016) afirmam que a forma como o ensino da Física vem sendo apresentado nos livros, nos textos e em sala de aula está distorcida e distanciada do seu real propósito.

Em contrapartida ao cenário escolar que tem se consolidado ao longo dos anos, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) para a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias expressa que:

No Ensino Médio, a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias oportuniza o aprofundamento e a ampliação dos conhecimentos explorados na etapa anterior. Trata a investigação como forma de engajamento dos estudantes na aprendizagem de processos, práticas e procedimentos científicos e tecnológicos, e promove o domínio de linguagens específicas, o que permite aos estudantes analisar fenômenos e processos, utilizando modelos e fazendo previsões (BRASIL, 2018, p. 472).

Nessa direção, de acordo com Valadares e Moreira (1998), é indispensável que o aluno do Ensino Médio conheça os fundamentos das tecnologias, pois isso contribui no seu desenvolvimento intelectual e, possivelmente, no seu futuro profissional. Melhorato e Nicoli (2012) defendem que, para alcançar os objetivos reais do Ensino Médio, torna-se importante discutir as possibilidades de realizar abordagens mais dinâmicas e interativas com os conteúdos, que facilitem a compreensão e tornem o ensino da Física mais atrativo aos estudantes.

De acordo com BNCC (BRASIL, 2018), o ensino de Física deve ser organizado através da integração entre os processos de práticas de investigação, ou seja, requer a assimilação de um conjunto de procedimentos, métodos e técnicas de investigação, de natureza teórica e experimental.

Nesse contexto, o presente trabalho percorre o seguinte problema de pesquisa: o uso de experimentação e exemplos de situações do cotidiano para abordagem do tema “efeito



fotoelétrico” podem contribuir para a compreensão do assunto em aulas de Física? Com base nesse problema de pesquisa, foram propostos os seguintes objetivos: desenvolver e aplicar, para o último ciclo do Ensino Médio, uma sequência didática com atividades experimentais sobre o efeito fotoelétrico utilizando os Três Momentos Pedagógicos (3MPs) e relatar a experiência didática vivenciada nas aulas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A dinâmica conhecida como Três Momentos Pedagógicos passou a ser difundida por meio do livro “Metodologia do Ensino de Ciências” (DELIZOICOV; ANGOTTI, 1990), que aborda o tema. A partir de então, houve a divulgação dos 3MPs por meio da distribuição desse livro nas escolas públicas de nível médio do Brasil, além de este passar a constar nas referências bibliográficas de cursos de licenciatura da área de Ciências, de programas de pós graduação, de cursos de formação continuada de docentes e de concursos públicos para a carreira de magistério. Os 3MPs são organizados em: Problematização inicial, Organização do Conhecimento e Aplicação do Conhecimento.

De acordo com Delizoicov e Angotti (1990), os Três Momentos Pedagógicos podem ser assim caracterizados:

Problematização Inicial: apresentam-se questões ou situações reais que os alunos conhecem e presenciam e que estão envolvidas nos temas. Nesse momento pedagógico, os alunos são desafiados a expor o que pensam sobre as situações, a fim de que o professor possa ir conhecendo o que eles pensam. Para os autores, a finalidade desse momento é propiciar um distanciamento crítico do aluno ao se defrontar com as interpretações das situações propostas para discussão, e fazer com que ele sinta a necessidade da aquisição de outros conhecimentos que ainda não detém.

Organização do Conhecimento: momento em que, sob a orientação do professor, os conhecimentos de física necessários para a compreensão dos temas e da problematização inicial são estudados.

Aplicação do Conhecimento: momento que se destina a abordar sistematicamente o conhecimento incorporado pelo aluno, para analisar e interpretar tanto as situações iniciais que determinaram seu estudo quanto outras que, embora não estejam diretamente ligadas ao momento inicial, possam ser compreendidas pelo mesmo conhecimento” (DELIZOICOV; ANGOTTI, 1990, p. 29).

Para Delizoicov (1991):

As ciências naturais, e a Física em particular, enquanto áreas de conhecimento construídas, têm uma história e uma estrutura que, uma vez apreendidas, permitem a compreensão da natureza e dos processos tecnológicos que permeiam a sociedade. Qualquer cidadão que detenha um mínimo de conhecimento científico pode ter



condições de utilizá-lo para suas interpretações de situações e relevância social, reais, concretas vividas, bem como aplicá-lo nessas e em outras situações (DELIZOICOV, 1991, p. 130).

Portanto, o emprego dos 3MPs no trabalho didático-pedagógico em sala de aula busca subsidiar tanto a apreensão dos conceitos, leis, relações da Física e a sua utilização, como a aproximação com os fenômenos ligados à situações vividas pelos alunos (DELIZOICOV; ANGOTTI, 1990).

Dentro dos 3MPs, como uma das atividades propostas, optou-se por inserir experimentos simples. Para o ensino de Física, tem-se considerado a utilização da experimentação, que pode ser aplicada em sala de aula ou em laboratórios, como essencial para o aprendizado do aluno e maior assimilação dos conteúdos com as teorias abordadas. De acordo com Grasselli e Gardelli (2014), a experimentação no ensino de Física é uma metodologia que permite trazer para o ambiente escolar aquilo que o aluno utiliza no seu cotidiano, possibilitando uma aproximação entre os conceitos científicos discutidos nas atividades experimentais e os adquiridos de forma espontânea.

Segundo Silva et al. (2020), as atividades experimentais podem ser concebidas como estratégias de descoberta, pois trabalham aspectos motivacionais do aluno que potencializam seu aprendizado. Nesse sentido, a experimentação pode facilitar o desenvolvimento da curiosidade, do hábito de questionar e evitar que as ciências sejam interpretadas como algo inerte e inquestionável, sendo, portanto, imprescindível para o desenvolvimento das competências em Física.

As atividades experimentais, como já destacado, podem ser desenvolvidas em diversos ambientes (laboratório, sala de aula, local aberto, etc.), podendo ser uma atividade realizada por meio de roteiros bem estruturados que não possibilitam qualquer variação dos objetivos descritos, ou seja, desenvolvidas com um caráter comprobatório, servindo de ilustração para as formulações teóricas apresentadas. Vale ressaltar que os experimentos com uma abordagem investigativa são aqueles centrados nos estudantes, fazendo com que eles perguntem, planejem e controlem suas atividades durante o desenvolvimento da prática experimental. Nessa abordagem, os resultados não são conhecidos com antecedência pelos discentes.

Ainda sobre o ensino de Física, um enfoque cada vez mais utilizado é o uso dos experimentos virtuais, pois estes permitem a visualização de conceitos abstratos, reduzem o tempo necessário para a preparação, coleta de dados e execução dos experimentos,

possibilitam repetir o mesmo experimento várias vezes, realizar experimentos que não podem ser executados em laboratórios convencionais; comumente são interativos, flexíveis, reutilizáveis e interoperáveis, não há restrições de acesso no que diz respeito ao tempo e nem ao lugar e evitam que o aparato experimental seja danificado por mau uso (SILVA; MERCADO, 2019).

Com base nas referências consultadas, há muitos benefícios no uso de experimentos reais e virtuais. Nessa perspectiva, propõe-se uma Sequência Didática (SD) que utiliza ambos. O experimento real “Demonstração experimental com Relé Fotoelétrico” agrega a visualização de uma aplicação prática do fenômeno para o desenvolvimento de uma tecnologia cotidiana usada na ativação da iluminação das lâmpadas em postes; enquanto o experimento virtual “Simulação computacional do Efeito Fotoelétrico” permite que os estudantes visualizem esquematicamente o funcionamento não visível do fenômeno.

O tema principal abordado em sala de aula trata-se do efeito fotoelétrico. A teoria que explica esse fenômeno foi desenvolvida por Einstein, a partir dos estudos utilizados por Planck anteriormente, a ideia de que a energia é quantizada. Na época, era conhecido o que se apresenta no experimento (figura 1). Nele são colocados dois eletrodos (placas metálicas) nas extremidades de uma ampola de quartzo a vácuo (transparente à luz ultravioleta) e ligados externamente por um fio, estabelecendo entre eles uma diferença de potencial V , verifica-se que iluminando o catodo com luz de frequência f e intensidade I_0 , surge uma corrente elétrica que pode ser medida com o auxílio de um amperímetro. Em outras palavras, a luz ao incidir em uma das placas metálicas, emitia elétrons que eram absorvidos na outra placa, e assim surgia a corrente que começava a circular devido à diferença de potencial.

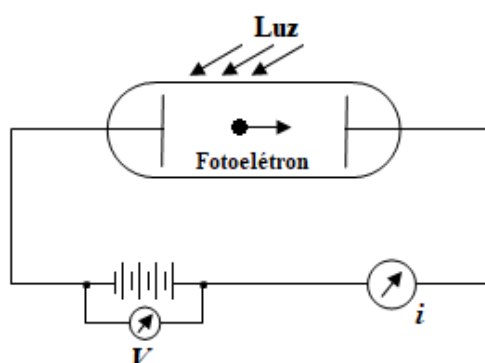


Figura 1 – Representação do arranjo experimental do efeito fotoelétrico.
Fonte: NUSSENZVEIG, 2014, p. 250.

A explicação compatível com os fatos experimentais foi dada por Albert Einstein em um trabalho publicado em 1905, intitulado “Um ponto de vista heurístico sobre a produção e

transformação da luz”, propondo a audaciosa teoria do efeito fotoelétrico baseada em uma extensão das ideias de Planck sobre a quantização da energia (NUSSENZVEIG, 2014). O Prêmio Nobel de Física de 1921 foi concedido a Albert Einstein, por essa teoria sobre o efeito fotoelétrico.

Einstein não concentrou sua atenção na teoria ondulatória da luz, mas na sua teoria corpuscular (fotônica), ideia considerada audaciosa na época. Ele utilizou a relação de Planck que relaciona a energia do fóton com sua frequência: $E = hf$, onde h é a constante de Planck e f a frequência da luz incidente. Einstein supôs que, no processo fotoelétrico, um fóton, $n = 1$, é completamente absorvido por um único elétron. Para uma maior quantidade de fótons incidentes, $n > 1$, a corrente fotoelétrica aumenta, correspondentemente. A equação de Einstein do efeito fotoelétrico: $K_{max} = hf - \varphi$, significa que a energia cinética máxima K_{max} do fotoelétron emitido corresponde à diferença entre a energia do fóton incidente ($E = hf$) e a energia necessária para que o elétron seja ejetado da superfície do metal (estado de máxima energia). Essa energia é conhecida como função trabalho do material ($\varphi = hf_c$, onde f_c recebe o nome de frequência de corte).

Trata-se de um balanço de energia, no qual a energia cinética com que o elétron é emitido corresponde à diferença entre a energia que chega pela luz e a energia necessária para arrancar o elétron do material. O ponto extremamente inovador para a época sobre essa explicação era o de que, ao utilizar o conceito de quantização da energia e de fóton de luz, explicavam-se as questões descobertas pela mecânica clássica, como, por exemplo, o fato de que se a luz incidente não tivesse uma frequência maior que a frequência de corte do material da placa metálica, o elétron não era emitido.

O efeito fotoelétrico, atualmente, é utilizado em muitas tecnologias e, dentro da sequência didática aqui relatada, pretendeu-se, com a atividade inicial de problematização e as duas propostas de experimentos, real e virtual, alcançar o objetivo final de os estudantes serem instigados a entender o efeito fotoelétrico, além de serem capazes de criar e testar suas hipóteses sobre o fenômeno, a fim de que o conceito físico seja realmente compreendido por eles, bem como a aplicação desse fenômeno no cotidiano.

3 METODOLOGIA

O trabalho faz um relato de experiência gerado a partir da Sequência Didática (SD) sobre efeito fotoelétrico, aplicada em 10 aulas (Quadro 1), de acordo com o aporte teórico-

metodológico dos Três Momentos Pedagógicos.

Etapa	Proposta de atividades	Tempo
Problematização	1) Como funcionam, para acender e apagar, as lâmpadas dos postes de iluminação pública da sua cidade? - Leitura investigativa: reportagem sobre “Iluminação pública” [*] ; Debate sobre como o problema pode ser resolvido. 2) Você já entrou em lugares onde as portas se abrem automaticamente mediante certos dispositivos? Qual a explicação do funcionamento desses dispositivos? - Leitura investigativa: reportagem sobre “Benefícios da utilização de Portas Automáticas” [*] .	2 aulas (100 min)
Organização do Conhecimento	- Apresentar aos alunos a Biografia de Max Planck bem como a sua teoria de Radiação de corpo negro; - Aula expositiva sobre os conceitos de Física Moderna: determinação da constante de Planck e o efeito fotoelétrico; - Demonstração de um circuito com relé fotoelétrico; - Contextualização: aplicações do efeito fotoelétrico no cotidiano - Utilização de textos, vídeos, manuais, reportagens e etc.; - Simulação computacional do efeito fotoelétrico;	6 aulas (300 min)
Aplicação do Conhecimento	- Construção de texto sobre o efeito fotoelétrico; - Elaboração do Relatório da atividade experimental. - Avaliação [*] .	2 aulas (100 min)

Quadro 1 – Síntese das etapas dos Três Momentos Pedagógicos da Sequência Didática proposta. ^{*}Disponível no Quadro 2. Fonte: Elaborado pelos autores.

O detalhamento de cada etapa da SD, bem como as orientações de como o professor pode conduzir as atividades em sala, estão disponíveis na plataforma EduCapes (<http://educapes.capes.gov.br/handle/capes/643344>). Destaca-se, aqui, que o simulador *online*, cuja interface está apresentada na figura 2, reproduz virtualmente o experimento do efeito fotoelétrico. Este possibilita alterar as variáveis, como: frequência, tensão, intensidade luminosa e superfície metálica. Essa atividade pode ser desenvolvida em pequenos grupos, de preferência com, no máximo, três alunos. E, para tal, foi elaborado um roteiro, disponível no Produto Educacional (<http://educapes.capes.gov.br/handle/capes/643344>), para auxiliar os discentes na execução do experimento.



Figura 2 - Tela principal do Simulador do efeito fotoelétrico.

Fonte: <http://www.fisica.ufpb.br/~romero/objetosaprendizagem/Rived/20EfeitoFotoelettrico/Site/Animacao.htm>



Caso a instituição disponha de um laboratório de informática, a atividade pode ser realizada em duplas ou em pequenos grupos em cada computador. Caso essa opção não seja possível, o professor pode projetar o simulador e encaminhar a atividade com a turma dividida em pequenos grupos. Para aplicação da SD aqui relatada, utilizaram-se os computadores do laboratório da escola. O laboratório contava com 30 computadores, porém, essa atividade foi desenvolvida em grupo de três integrantes, com objetivo de interagirem entre si, para entenderem o experimento. Ao final da SD, foi aplicada uma avaliação sobre o conteúdo abordado, que segue apresentada no Quadro 2.

Avaliação

Dados:

$c = 3 \cdot 10^8$ m/s (velocidade da luz no vácuo);

$h = 6,63 \times 10^{-34}$ J.s (constante de Planck);

$1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19}$ J

1. Qual das afirmações abaixo explica corretamente o efeito fotoelétrico?

- a) Choque elétrico entre as partículas leves e núcleos.
- b) Produção de raios X, quando há choque de elétrons em uma placa de metal.
- c) Produção de luz por modificação energética de um sistema atômico.
- d) Ejeção de elétrons de uma superfície metálica por incidência de radiação eletromagnética.
- e) Nenhum dos fenômenos acima.

2. Determine a energia cinética máxima dos fotoelétrons se a função trabalho do material é de 2,3 eV e a frequência da radiação é de $3,0 \cdot 10^{15}$ Hz.

3. Analise as afirmativas abaixo, relativas à explicação do efeito fotoelétrico, tendo como base o modelo corpuscular da luz.

I. A energia dos fótons da luz incidente é transferida para os elétrons no metal de forma quantizada.

II. A energia cinética máxima dos elétrons emitidos de uma superfície metálica depende apenas da frequência da luz incidente e da função trabalho do metal.

III. Em uma superfície metálica, elétrons devem ser ejetados independentemente da frequência da luz incidente, desde que a intensidade seja alta o suficiente, pois está sendo transferida energia ao metal.

Assinale a alternativa correta.

- a) Somente a afirmativa II é verdadeira.
- b) Somente as afirmativas I e III são verdadeiras.
- c) Somente as afirmativas I e II são verdadeiras.
- d) Somente a afirmativa III é verdadeira.
- e) Todas as afirmativas são verdadeiras.

4. A emissão de fotoelétrons por um determinado metal exige que:

- a) A luz incidente tenha uma frequência maior que um determinado valor.
- b) A luz incidente tenha um comprimento de onda superior a um determinado valor.
- c) A temperatura do metal esteja próxima à de sua temperatura de fusão.
- d) A luz incidente tenha uma intensidade superior a um determinado valor.
- e) O metal não esteja ligado à Terra.

5. Quais das seguintes substâncias, Ta (4,2), W (4,5), Ba (2,5), Li (2,3) (função trabalho, em eV, entre parênteses), podem ser usadas para confeccionar uma fotocélula para ser usada com luz visível? Os valores aproximados dos comprimentos de onda (em nm) no visível são apresentados na tabela abaixo:

Violeta	Azul	Verde	Amarelo	Laranja	Vermelho
425	475	525	575	625	675

6. O efeito fotoelétrico é usado em dispositivos para controlar o funcionamento das lâmpadas nos postes de iluminação pública.

Tal efeito evidencia a natureza

- transversal de onda eletromagnética.
- longitudinal de onda eletromagnética.
- ondulatória da luz.
- corpuscular da luz.
- vibracional da luz.

7. A função trabalho de um dado metal é 2,5 eV.

a) Verifique se ocorre emissão fotoelétrica quando sobre esse metal incide luz de comprimento de onda $\lambda = 6,0 \cdot 10^{-7}$ m. A constante de Planck é $h \approx 4,2 \cdot 10^{-15}$ eV.s e a velocidade da luz no vácuo é $c = 3,0 \cdot 10^8$ m/s.

b) Qual é a frequência mais baixa da luz incidente capaz de arrancar elétrons do metal?

8. A luz, segundo a Física Moderna, apresenta caráter dual, ou seja, em certos fenômenos, manifesta comportamento de partícula e, em outros, de onda. Complete a coluna 2 de acordo com a coluna 1, segundo o comportamento da luz.

Coluna 1	Coluna 2
Onda	() efeito fotoelétrico
Partícula	() polarização
	() refração
	() interferência

A sequência CORRETA é

- 1 - 2 - 2 - 2.
- 1 - 1 - 2 - 2.
- 1 - 1 - 1 - 2.
- 2 - 2 - 1 - 1.
- 2 - 1 - 1 - 1.

9. Quando se faz incidir luz de uma certa frequência sobre uma placa metálica, qual é o fator que determina se haverá ou não emissão de fotoelétrons?

- A área da placa.
- O tempo de exposição da placa à luz.
- O material da placa.
- O ângulo de incidência da luz.
- A intensidade da luz

10. Num experimento sobre efeito fotoelétrico, considere a função de trabalho na lâmina de metal igual 6,63 eV. Nesta hipótese, a frequência de corte da radiação incidente, em Hz, é igual a

- $1,6 \times 10^{14}$
- $1,6 \times 10^{15}$
- $2,4 \times 10^{15}$
- $2,75 \times 10^{15}$
- $4,39 \times 10^{15}$

Gabarito

- Letra D
- 10,12 eV
- Letra C
- Letra A
- Apenas o Ba e Li
- Letra D

- | |
|--|
| 7) a) não ocorrerá emissão; b) 6.10^{14} Hz
8) Letra D
9) Letra C
10) Letra B |
|--|

Quadro 2 – Avaliação aplicada.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Trata-se de uma pesquisa qualitativa com finalidade descritiva. Por abordagem qualitativa (BOGDAN; BIKLEN, 1994), entende-se que o pesquisador procura compreender os fenômenos segundo a perspectiva dos participantes da situação estudada e, a partir daí, situa sua interpretação dos fenômenos estudados. Para a coleta de dados, utilizou-se a observação da participação dos alunos, bem como a análise de suas falas no decorrer do desenvolvimento das atividades. Isso se deu através da realização de roda de conversa, na qual os participantes tiveram a oportunidade de dar a sua opinião, ouvir e aprender com os colegas. De acordo com Motisuki Dias et al. (2018), o principal objetivo da roda de conversa é proporcionar o compartilhamento de conhecimentos, valorizando os saberes e as experiências dos estudantes.

A proposta de ensino teve como objetivo buscar, com a abordagem metodológica dos 3MPs, um meio de contribuir com o diálogo entre professor e estudante, valorizando as concepções espontâneas deste, problematizando e contextualizando situações com objetivo de ampliar sua visão do mundo, além de analisar as possibilidades que essa abordagem pode proporcionar nas aulas Física.

A aplicação da SD ocorreu na cidade de Xapuri, uma cidade no interior do estado do Acre, no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Acre – Ifac, em uma turma do terceiro ano do Ensino Médio, no período matutino, composta por 35 alunos, durante o ano de 2019. A amostra da pesquisa foi escolhida pelo fato de o currículo do terceiro ano do Ensino Médio contemplar o conteúdo de Física Moderna (noções). Todos os 35 alunos da turma participaram efetivamente das aulas.

Em linhas gerais, os estudantes que participaram da aula tinham entre 17 e 18 anos, sendo a maioria do sexo masculino, 19 homens e 16 mulheres, de classe social predominantemente baixa. Esses alunos ingressaram no Ifac no ano de 2017, no Curso Técnico Integrado ao Ensino Médio em Biotecnologia. Destaca-se, aqui, que a pesquisa começou a ser desenvolvida no ano de 2019, inclusive, a aplicação da Sequência Didática se deu no final desse ano. Entretanto, devido à pandemia da covid-19, que intensificou os encargos docentes durante o ano de 2020, e a problemas pessoais graves de saúde com familiares próximos de um dos autores do trabalho, a sistematização dos resultados e a

finalização dos resultados alcançados foram realizadas apenas em 2021. Contudo, ressalta-se a importância dos resultados obtidos para a formação profissional reflexiva do professor de Física, pois, por meio das propostas de atividades, diferentes formas para abordagem do tema estudado são apresentadas.

4 ANÁLISE E RESULTADOS

O Momento Pedagógico de Problematização Inicial da sequência didática proposta teve duração de duas aulas, nas quais foram utilizados diferentes recursos pedagógicos, roda de conversa com os alunos para sondar seus conhecimentos prévios através de situações vivenciadas no dia a dia, e a utilização de reportagens mostrando o contexto sobre o uso de lâmpadas LEDs¹ na iluminação pública da cidade de Belo Horizonte – MG, e um texto sobre os sete benefícios da utilização das portas automáticas.

Antes da leitura dos textos, foram apresentadas duas questões que serviram para dar início à problematização. A primeira situação-problema apresentada para os alunos foi: “Todos os dias, ao cair da tarde, as lâmpadas dos postes de iluminação pública da nossa cidade são acesas e, pela manhã, elas são apagadas. Diante disso, vocês sabem como funciona para acender e apagar as lâmpadas dos postes de iluminação pública?”. Nesse momento, os discentes foram divididos em pequenos grupos para que discutissem e elaborassem uma explicação para a questão levantada. Essas questões tiveram um papel importante para o início efetivo da aplicação da SD.

Verificou-se que, nessa atividade, no geral, foram apresentados dois eixos de respostas, acendimento eletrônico e acendimento mecânico. O Quadro 3 apresenta os dois eixos de respostas encontrados durante as falas dos alunos.

Eixo de Resposta	Exemplos de falas de alunos
(1) Acendimento eletrônico	<p>“Existe um sistema onde, depois que o sol se põe, as luzes ficam programadas para acender”.</p> <p>“São sensores que têm um horário programado neles e, quando dá determinada hora, a luz liga sozinha”.</p> <p>“Quando chega o horário, eles ligam automaticamente”.</p>
(2) Acendimento Mecânico	<p>“O poste está ligado a uma empresa de energia, onde há vários botões, ao se aproximar do anoitecer, os funcionários vão apertar os mesmos e ligar a luz de todos os postes”.</p> <p>“Existe um funcionário responsável pelo acionamento das luzes a partir de um certo horário”.</p>

¹ Sigla da para a frase em inglês “Light-Emitting Diode”, em que a tradução em português é “Diodo Emissor de Luz”.

--	--

Quadro 3 – Explicações citadas pelos alunos sobre o acendimento das luzes dos postes.

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados coletados na pesquisa.

Cabe, aqui, a análise de que, mesmo não tendo o conhecimento real sobre o funcionamento dessa questão, os alunos procuraram responder com conhecimentos de senso comum, os quais eles acreditavam estarem relacionados ao questionamento, tendo um número muito baixo de estudantes (cinco) que não conseguiram dissertar sobre nada. Constatou-se, também, nas explicações dos discentes, que, mesmo aqueles que acreditam que o acionamento é eletrônico, o associam a uma programação feita, não relacionando, assim, tal acionamento à luz do dia. É claro que alguns se aproximaram da resposta quando afirmaram a existência de um tipo de sensor que detecta a presença e a ausência de luz.

A segunda situação-problema tratava-se do funcionamento das portas automáticas e foi feita a seguinte pergunta: Você já entrou em lugares onde as portas se abrem automaticamente? Qual a explicação do funcionamento desses dispositivos?

A maioria afirmou já ter vivenciado a experiência de entrar em um local com portas automáticas, entretanto, dois estudantes disseram que só conheciam por televisão (filmes, novelas, desenhos, etc.). Vale ressaltar que a cidade de Xapuri-AC não possui nenhum local onde existam portas automáticas.

Sobre o funcionamento das portas automáticas, os alunos, em sua maioria, apresentaram respostas que se aproximaram da resposta correta, como pode ser observado no Quadro 4, porém, com erros ainda em relação aos termos.

Eixo de Resposta	Exemplos de falas de alunos
(1) Acendimento eletrônico	<p>“Existe um sensor nas portas que detectam o calor do corpo quando a pessoa se aproxima, fazendo ela abrir automaticamente, e isso acontece nos alarmes também”.</p> <p>“Tanto nas portas quanto nos alarmes existe um sensor que detecta a presença da pessoa”.</p> <p>“As portas que abrem automaticamente, como, por exemplo, as portas do shopping e as portas dos elevadores, pois existe algum tipo de sensor de temperatura”.</p> <p>“Acho que as torneiras que ligam quando aproximamos as mãos devem funcionar através do mesmo fenômeno que faz as portas abrirem automaticamente”.</p>

Quadro 4 – Explicações citadas pelos alunos sobre o funcionamento das portas automáticas.

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados coletados na pesquisa.

Destaca-se que a discussão sobre o primeiro problema promoveu uma reflexão e os participantes que, inicialmente, assumiram que o funcionamento deve ocorrer mediante



acionamento mecânico abandonaram essa ideia quando questionados a respeito do funcionamento das portas automáticas. Na oportunidade, os estudantes até mencionaram outros dispositivos que relacionaram com o mesmo fenômeno, como exemplo: “as torneiras, portas de elevadores e os alarmes de segurança”. Para explicar o funcionamento desses dispositivos, eles associaram que há algum tipo de sensor capaz de detectar o movimento, calor e temperatura do corpo. Aqui, evidenciou-se que, através da primeira discussão, conseguiram chegar mais perto da resposta correta, porém, não houve nenhum aluno que mencionou a emissão de radiação pelo corpo humano na frequência do infravermelho.

Após os debates e argumentações dos alunos para responderem às situações-problema propostas, foram apresentados dois textos para a leitura e discussão na sala de aula. Esses textos foram escolhidos com a finalidade de explorar ainda mais o assunto abordado inicialmente, sendo eles parte complementar da etapa de problematização, uma vez que serviram para contextualizar ainda mais o efeito fotoelétrico e a utilização da Física Moderna no cotidiano dos discentes.

Através da discussão sobre a reportagem do uso de lâmpadas LEDs na iluminação pública da cidade de Belo Horizonte, percebeu-se que os participantes têm uma percepção de que essas lâmpadas consomem menos energia elétrica, gerando uma grande economia, como afirmou um aluno, na seguinte fala:

“As lâmpadas LEDs têm uma maior durabilidade e são mais econômicas, lá em casa foram trocadas todas as lâmpadas fluorescentes para lâmpadas de LEDs” - [Aluno A].

Os discentes demonstraram indignação quanto à iluminação pública da cidade de Xapuri-AC, pois foi observado por eles que a lâmpadas utilizadas não eram de LEDs, e que isso deveria ser pensado pelos gestores públicos, bem como deveria ser reivindicado pela população que paga taxa de iluminação pública.

Vale ressaltar a importância de o professor proporcionar situações de diálogo em sala de aula, pois, durante a discussão, verificou-se a criticidade na fala de alguns estudantes, como exemplo, um aluno disse:

“Os governantes deveriam entender as vantagens do uso de uma boa iluminação pública na cidade, e isso vai de encontro com o uso de lâmpadas LEDs que geram economia para a cidade e a população” - [Aluno B]

Enquanto outro aluno concordou afirmando:



“Pelo que pude entender, as vantagens do uso de LED na iluminação pública não se limitam a ganhos econômicos, como também trazem benefícios ambientais” - [Aluno C]

Dessa forma, percebeu-se que a temática abordada oportunizou aos alunos não somente o conhecimento científico proposto, mas também que fizessem reflexões sobre problemáticas existentes na própria cidade, que, até então, não tinham relevância para eles, portanto, contribuindo para a formação cidadã dos participantes da pesquisa; além de fazê-los entender que o conhecimento pode transformá-los em cidadãos protagonistas no meio em que vivem.

Destaca-se, ainda, o fato de que o debate trouxe a eles a reflexão acerca do conhecimento adquirido e a aplicação deste na realidade que os cerca, mais especificamente à iluminação pública da própria cidade, ao mesmo tempo em que os despertou para outros problemas sociais que envolvem o município. Com isso, é possível observar o poder transformador da educação e o impacto que ela pode trazer na vida dos estudantes e na sociedade em geral, uma vez que o desenvolvimento dessa sequência permitiu, além do aprendizado, que os estudantes também tivessem um olhar crítico para a situação atual de sua cidade.

Sobre o uso da conscientização e da criticidade dos alunos perante problemas pertencentes à sua realidade, Freire (1987) destaca que a educação problematizadora poderá contribuir para a formação desses sujeitos, no sentido de que esta buscará torná-los críticos em relação à sociedade, para que possam conhecê-la e agir sobre ela. Dessa forma, o autor defende que a educação precisa estimular a reflexão sobre a realidade, contribuindo, assim, para que a sociedade participe de forma consciente da construção de sua própria história.

Durante essa etapa da problematização, os participantes tiveram a oportunidade de falar, opinar e ouvir os colegas, desenvolvendo, assim, atitudes consideradas importantes para o processo de ensino/aprendizagem. Após a coleta de dados sobre o que os alunos sabiam sobre o efeito fotoelétrico, os questionamentos realizados permitiram problematizar a discussão sobre o fenômeno físico, evidenciando que o sensor funcionava devido à captação da variação de luz.

Ao o segundo momento pedagógico, Organização do Conhecimento, dedicou-se maior tempo, totalizando seis aulas. Tais aulas foram expositivas e dialogadas, a fim de apresentar a história do efeito fotoelétrico, seus conceitos, suas características e suas aplicações. Para esse momento, foram utilizados *slides*, livros didáticos, vídeos, atividade

experimental e simulação computacional.

Durante a organização do conhecimento, foi aplicado o experimento do Relé fotoelétrico, que tinha por finalidade retomar a problematização de como se dá o acionamento das lâmpadas dos postes. O experimento despertou bastante a curiosidade dos alunos, pois eles puderam visualizar a lâmpada acendendo e apagando pelo simples fato de tapar-se o sensor fotoelétrico, simulando-se, então, o amanhecer e o anoitecer.

Notou-se que, mesmo sendo um experimento simples, ele gerou um grande entusiasmo nos estudantes que conseguiram associar que o acionamento e o desligamento da lâmpada se dão pela incidência de luz no relé fotoelétrico.

Após o experimento utilizando o relé fotoelétrico, foram ministradas as aulas expositivas dialogadas para que os alunos pudessem compreender melhor tanto os conceitos teóricos do fenômeno fotoelétrico, como o contexto histórico do desenvolvimento da Física Moderna do início do século XX, com as contribuições de Max Planck e a quantização da energia; e de Einstein e sua interpretação para o efeito fotoelétrico. Nessa etapa, os estudantes puderam tirar suas dúvidas sobre o que tinham observado durante a problematização e da atividade experimental. Como afirma Zabala (1998), essa é a etapa da comunicação dos conteúdos, a mais difícil de ser planejada, pois, em uma visão simplista, o termo conteúdo é utilizado para expressar aquilo que se deve aprender sobre a matéria estudada.

Durante a aula expositiva, utilizou-se multimídia, para apresentar o problema do efeito fotoelétrico, a inconsistência, na Física Clássica, quanto a interpretá-lo e a solução apresentada por Einstein, ao considerar a luz como pacotes de energia (fótons). Para reforçar essa etapa, foram passados dois vídeos sobre o efeito fotoelétrico:

- 1) Vídeo 1: “A natureza das coisas - Einstein no dia a dia - Parte I”, com duração de 9min 54s (Disponível em: <https://youtu.be/Oqz6WqeM0uk>), e
- 2) Vídeo 2: “Efeito fotoelétrico leva em consideração descobertas de Einstein”, com duração de 3min (Disponível em: <http://g1.globo.com/pernambuco/videos/v/efeito-fotoeletrico-leva-em-consideracao-descobertas-de-einstein/2962910/>).

Sobre a importância e as potencialidades da utilização de vídeos em sala de aula, Moran (1995) afirma que:

O vídeo é sensorial, visual, linguagem falada, linguagem musical e escrita. Linguagens que interagem superpostas, interligadas, somadas, não separadas. Daí a sua força. Somos atingidos por todos os sentidos e de todas as maneiras. O vídeo nos seduz, informa, entretém, projeta em outras realidades (no imaginário), em outros tempos e espaços (p. 28).

Através da utilização dos vídeos, os estudantes puderam ver o assunto novamente como forma de reforçar e aprofundar o que foi trabalhado nas etapas anteriores. Além disso, verificou-se que, durante o debate sobre os vídeos, os alunos demonstraram interesse e motivação, o que contribuiu para um bom entendimento sobre as bases físicas contidas no estudo do efeito fotoelétrico, bem como sobre a importância histórica dessa descoberta na vida de Einstein.

Seguindo a etapa de organização do conhecimento, foi proposto que se reunissem em grupos de, no máximo, três integrantes, para realização de uma atividade experimental virtual. Observou-se que, por meio da utilização do simulador, os participantes começaram a construir respostas, e que, a partir da elaboração de raciocínios e do diálogo entre eles, caminham para respostas mais elaboradas sobre o tema estudado.

Os alunos produziram relatórios sobre as etapas propostas no roteiro do experimento virtual. No Quadro 5, são apresentadas algumas respostas para a seguinte questão: “De acordo com os seus resultados experimentais, explique como funciona o efeito fotoelétrico. E por que ele não pode ser explicado de acordo com as leis da Física Clássica?”.

Respostas dos alunos
“O efeito fotoelétrico é a emissão de elétrons de uma superfície metálica em razão da interação de uma onda eletromagnética com a mesma. Para a Física Clássica, para que ocorra a ejeção de elétrons da superfície, a energia da radiação é distribuída sobre as ondas eletromagnéticas, um conceito errôneo, visto que, na Física Moderna, por Einstein, descobriu-se que essa energia está concentrada em pacotes, denominados fótons, e que estes dependem da frequência ao invés da quantidade emitida”. Grupo A
“Na Física Clássica não podia se explicar por conta de não saber se explicar a função trabalho do metal. Einstein utilizou as equações de Planck e desenvolveu a equação da energia cinética”. Grupo B
“O efeito fotoelétrico consiste no desprendimento de elétrons de uma superfície metálica exposto a uma determinada frequência de radiação eletromagnética. Os pacotes de luz, chamados de fótons, transferem energia para os elétrons. A Física Clássica não tinha condições de explicar de forma satisfatória, pois abordavam a luz como uma onda não como uma partícula e a ideia de energia ser quantizada fugiam dos padrões e conceitos da época”. Grupo C
“O efeito fotoelétrico consiste na emissão de partículas carregadas em qualquer superfície metálica que absorva radiação eletromagnética. O efeito fotoelétrico não podia ser explicado por que a física da época não conseguia explicar o que era visto experimentalmente”. Grupo D
“Efeito fotoelétrico é a emissão de elétrons por um material, geralmente metálico, quando exposto a uma radiação eletromagnética de frequência suficientemente alta, que depende do material. O fenômeno tinha aspectos que a Física Clássica não tinha condições de responder, pois abordavam a luz como uma onda, e não como uma partícula, e esse conceito fugia dos padrões da época”. Grupo E

Quadro 5 – Respostas sobre o efeito fotoelétrico, e por que ele não pode ser explicado pela Física Clássica.

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados coletados na pesquisa.

Durante essa atividade, como pode ser visualizado no Quadro 5, através das respostas dadas pelos discentes, eles foram levados a relacionar o fenômeno do efeito fotoelétrico a partir da explicação da Física Clássica do fim do século XIX e a explicação de Einstein, utilizando os conceitos de fóton e quantização de energia. De forma simplificada, pode-se



constatar que houve uma compreensão sobre o comportamento ondulatório da luz. Ressalta-se que a resposta do Grupo B não foi muito detalhada em relação ao conceito físico envolvido, entretanto, foi possível perceber que ficou entendida a necessidade da utilização das ideias de Planck para desenvolver uma teoria que explicasse o fenômeno.

Como forma de finalização da metodologia dos 3MPs, Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002) propõem o momento de Aplicação do Conhecimento, que corresponde a empregar o conhecimento do qual o aluno vem se apropriando para fazer análise e interpretar as situações que foram propostas na Problematização Inicial. Para isso, foram utilizados diferentes recursos pedagógicos para esse momento: pesquisa, relatório e avaliação, desenvolvidos em 2 horas/aula.

Nesse momento pedagógico, foi solicitado que os alunos realizassem uma pesquisa sobre as aplicações do efeito fotoelétrico no dia a dia. Foi realizada uma roda de conversa na qual os participantes relataram o que encontraram, bem como a importância que o estudo desse fenômeno trouxe para a sociedade, principalmente, na área da tecnologia. Depois dessa roda de conversa, eles entregaram um texto sobre os principais pontos destacados na pesquisa e nas atividades que participaram durante a aplicação do produto.

Os textos foram produzidos no final da aula, sem consulta a livros ou à internet, visto que eles já tinham pesquisado sobre as aplicações do efeito fotoelétrico e também debatido através da roda de conversa. Nos textos produzidos, foi verificado que conseguiram compreender o fenômeno estudado, e observado que todos eles citaram a importância dos estudos de Planck, Hertz e Einstein, ou seja, os participantes demonstraram entendimento de que a Física é construída de forma coletiva.

A última atividade foi aplicada para os 35 participantes, uma avaliação com 10 questões que abordaram os conceitos trabalhados durante a aplicação do produto educacional (Quadro 2). Esse teste avaliativo serviu como embasamento avaliativo para a etapa de organização do conhecimento dos 3MPs. Foi feita uma análise do número de acertos de cada questão e, por fim, um cálculo do aproveitamento dos alunos na avaliação, para obtenção do conceito durante o bimestre. Foi considerado o conceito: satisfatório, para o aluno que acertasse 60% ou mais da avaliação; regular, para aquele que acertasse entre 40% a 59%; e o conceito insatisfatório, para o aluno que acertasse menos de 39% do teste.

O resultado está apresentado na figura 3, que possibilitou a análise de aprendizado do aluno, uma vez que já se aproximava a prova do Exame Nacional do Ensino Médio (Enem) do ano corrente. A figura 3 descreve os resultados da avaliação com índice de acertos e erros.

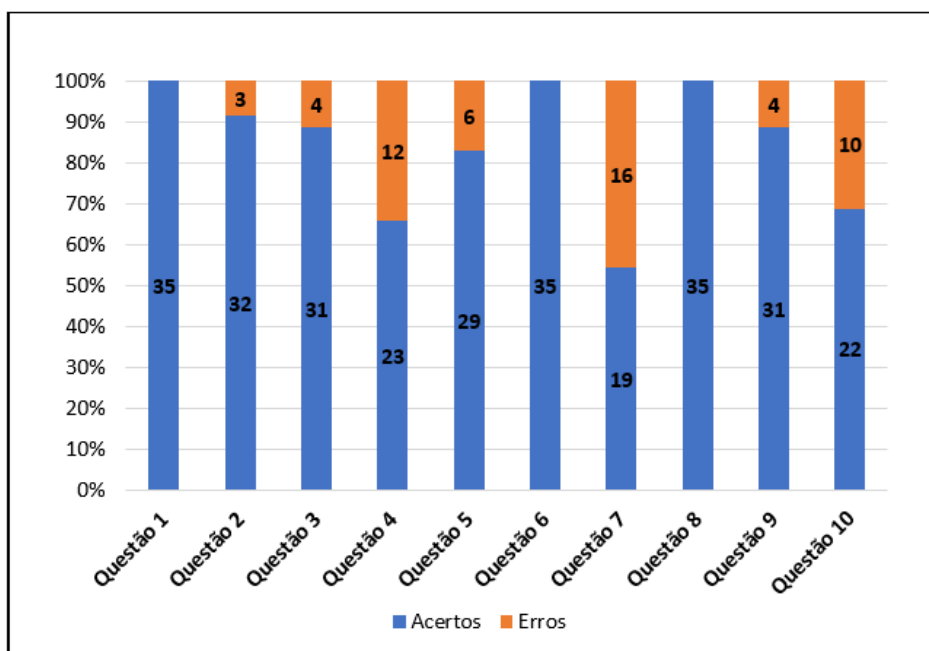


Figura 3 – Resultados da avaliação com índice de acertos e erros.

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados coletados na pesquisa.

Com base na figura 3, foi possível observar que o nível de acertos foi satisfatório. Em média, os alunos tiveram 83% de acertos, sendo algo muito significativo. Verificou-se que alguns erraram a questão 4, a qual tratava sobre a emissão de fotoelétrons por um determinado metal, eles confundiram a frequência da luz incidente com a intensidade da luz incidente para determinar a emissão de fotoelétrons. Outra questão que teve um índice de, aproximadamente, 46% de erros foi a questão 7, sendo que esta exigiu do aluno aplicação da equação de Einstein para determinar a Energia Cinética dos fotoelétrons. No entanto, após a correção da avaliação, alguns participantes afirmaram que erraram no momento de calcular, ou seja, cometeram algum erro nas operações matemáticas.

Portanto, identificou-se que, mediante a aplicação do conhecimento através das atividades desenvolvidas durante todo o processo metodológico, o objetivo de fazer com que os estudantes refletissem sobre o tema apresentado, estimulando-os em sua aprendizagem, foi considerado alcançado.

Ressalta-se que a sequência didática (SD) aqui proposta demanda 10 horas de aula, mas recomenda-se que, na prática, o professor que queira aplicar a SD e tenha dificuldade em disponibilizar essa carga horária total diminua as atividades propostas. A etapa da problematização pode ser realizada em apenas uma aula, escolhendo apenas um dos textos utilizados e propondo que os estudantes façam a leitura em momento anterior à aula e, nesse



caso, gastaria apenas uma aula. A etapa da organização do conhecimento pode ser reduzida para três aulas: a primeira, para explicação teórica do conteúdo de forma resumida; a segunda, para demonstração de um circuito com relé fotoelétrico e contextualização do efeito fotoelétrico no cotidiano, utilizando os vídeos; e a terceira, com a simulação computacional do Efeito Fotoelétrico. Por último, na etapa da aplicação do conhecimento, pode ser aplicada a avaliação, ocupando apenas uma aula. Nessa adaptação, a SD completa ocuparia cinco aulas.

5 CONSIDERAÇÕES

O trabalho traz uma sequência didática para o ensino do efeito fotoelétrico no Ensino Médio utilizando os 3MPs, pelo qual procurou-se possibilitar o entendimento de diversas situações vivenciadas pelos estudantes no seu cotidiano. Diante disso, observou-se que a utilização dos 3MPs mostrou-se satisfatória com relação aos objetivos deste trabalho, pois os alunos, através da problematização inicial, foram levados a testar e discutir suas hipóteses em pequenos grupos, defendendo seus pontos de vista e respeitando o ponto de vista do outro, bem como tiveram suas dúvidas sanadas através das etapas de organização do conhecimento e da aplicação do conhecimento.

No percurso e confecção da referida proposta, procurou-se inserir a utilização da aprendizagem por descoberta, através da utilização da demonstração experimental do relé fotoelétrico e da simulação experimental virtual. Com isso, verificou-se que o problema de pesquisa foi atendido, pois, ao fim da aplicação da sequência didática, os discentes demonstraram entendimento de como se dá o funcionamento do acionamento das luzes dos postes de iluminação pública, além de outras aplicações relacionadas ao efeito fotoelétrico, como células fotovoltaicas. Esse resultado ficou evidenciado no desempenho dos alunos na avaliação, que obtiveram o total de 87% acertos no teste.

Destaca-se, ainda, que, durante a aplicação deste trabalho, percebeu-se a importância de abordar um tema vinculado ao cotidiano dos discentes. Isso ficou bastante evidenciado, pois, durante todas as atividades desenvolvidas, ocorreu uma efetiva participação, envolvimento e a motivação dos alunos no estudo do tema proposto. Portanto, compreendeu-se que a proposta, da forma como foi estruturada, permitiu uma maior participação dos estudantes, motivando-os na discussão do tema, possibilitando um processo de aprendizagem do conceito e da aplicação do efeito fotoelétrico.



REFERÊNCIAS

BOGDAN, R.; BIKLEN, S. **Investigação qualitativa em educação**: uma introdução à teoria e aos métodos. Trad. Maria João Alvarez, Sara Bahia dos Santos e Telmo Morim Baptista. Porto: Porto Editora, 1994.

BONFIM, D. D. S.; COSTA, P. C. F.; NASCIMENTO, W. J. A abordagem dos três momentos pedagógicos no estudo de velocidade escalar média. **Experiências em Ensino de Ciências**, Cornélio Procópio, v. 13, n. 1, p. 187-197, 2019. Disponível em: https://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID465/v13_n1_a2018.pdf. Acesso em: 19 mar. 2022

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. 2018. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/historico/BNCC_EnsinoMedio_embaixa_site_110518.pdf. Acesso em: 16 set. 2021.

DA ROSA, C. T. W.; CÓTICA, R. P.; HENRIQUE, L. Analogias no estudo de eletricidade nos livros didáticos de física. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 15, n. 3, p. 363-379, 2016. Disponível em: http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen15/REEC_15_3_3_ex1012.pdf. Acesso em: 19 mar. 2022.

DELIZOICOV, Demétrio; ANGOTTI, José André. **Metodologia do ensino de ciências**. São Paulo: Cortez Editora, 1990.

DELIZOICOV, Demétrio. **Conhecimento, tensões e transições**. 1991. 219f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, Programa de Pós-Graduação em Educação, São Paulo, 1991. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/75757/82794.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 08 dez. 2021.

DELIZOICOV, Demétrio; ANGOTTI, José André; PERNAMBUCO, Marta Maria. **Ensino de Ciências**: fundamentos e métodos. São Paulo: Cortez, 2002.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia do oprimido**. 17ª. Ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, v. 3, p. 343-348, 1987.

GRASSELLI, E. C.; GARDELLI, D. O ensino da física pela experimentação no ensino médio: da Teoria à prática. **Os Desafios da Escola Pública Paraense na Perspectiva do Professor**, v. 1, 2014, p. 99-120, ISBN 978-85-8015-080-3. Disponível em: http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernos/pdebusca/producoes_pde/2014/2014_uem_fis_artigo_erasmo_carlos_grasselli.pdf. Acesso em: 08 dez. 2021.

KOPP, F. A.; DE ALMEIDA, V. Analogias e metáforas no ensino de Física Moderna apresentadas nos livros didáticos aprovados pelo PNLD 2018. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 36, n. 1, p. 69-98, 2019. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2019v36n1p69>. Acesso em: 19 mar. 2022

MELHORATO, R. L.; NICOLI, G. T. Da física clássica à moderna: o simples toque de uma sirene. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 34, n. 3, 2012.

<https://doi.org/10.1590/S1806-11172012000300011>.

MOTISUKI DIAS, E. S.; RODRIGUES, I. L. A.; MIRANDA, H. R.; CORRÊA, J. A. Roda de conversa como estratégia de educação em saúde para a enfermagem / Conversation wheel as education strategy in health for nursing. **Revista de Pesquisa Cuidado é Fundamental Online**, [S. l.], v. 10, n. 2, 2018, p. 379–

384. <https://doi.org/10.9789/21755361.2018.v10i2.379-384>.

MORAN, J. M. O vídeo na sala de aula. **Comunicação & Educação**, n. 2, 1995, p. 27-35. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/comueduc/article/view/36131>. Acesso em: 08 dez. 2021.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de física básica**, v. 4: ótica, relatividade, física quântica. 2 ed. São Paulo: Blucher. 2014.

RICARDO, E. C.; FREIRE, J. C. A. A concepção dos alunos sobre a física do Ensino Médio: um estudo exploratório. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 2, p. 251-266, 2007. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rbef/a/pQXFH3DqqbvMf6JW6rxXjJs/abstract/?lang=pt>. Acesso em 19 mar. 2022.

ROCHA, D. M.; RICARDO, E. C. As crenças de autoeficácia de professores de Física: um instrumento para aferição das crenças de autoeficácia ligadas a Física Moderna e Contemporânea. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 31, n. 2, p. 333-364, 2014.

Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2014v31n2p333>. Acesso em: 19 mar. 2022.

SILVA, I. P.; MERCADO, L. P. L.. Revisão sistemática de literatura acerca da experimentação virtual no ensino de Física. **Ensino & Pesquisa**, [S.l.], jan. 2019. ISSN 2359-4381. Disponível em:

<http://periodicos.unespar.edu.br/index.php/ensinoepesquisa/article/view/2381>. Acesso em: 08 dez. 2021.

SILVA, J. N. A.; VASCONCELOS NETO, J. A.; XIMENES, C. A. P.; MORAIS, A. C. S. A experimentação como ferramenta motivacional no ensino de física / Experimentation as a motivational method in physics teaching. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 12, 2020, p. 102473-102485. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n12-664>.

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

<https://antigo.periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6896/7584>. Acesso em: 08 dez. 2021.

ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar**. Porto Alegre: Editora Artes Médicas Sul Ltda., 1998.

APÊNDICE

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), que fomenta ações no âmbito do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF); à Universidade Federal do Acre (Ufac) e ao Instituto Federal do Acre (Ifac), Campus Xapuri.

FINANCIAMENTO

“Financiado pelo(s) próprio(s) autor(es)”.

CONTRIBUIÇÕES DE AUTORIA

Resumo/Abstract/Resumen: Bianca Martins Santos, Antonio Romero da Costa Pinheiro

Introdução: Isaías Fernandes Gomes, Bianca Martins Santos

Referencial teórico: Isaías Fernandes Gomes

Análise de dados: Isaías Fernandes Gomes

Discussão dos resultados: Isaías Fernandes Gomes, Bianca Martins Santos

Conclusão e considerações finais: Isaías Fernandes Gomes, Bianca Martins Santos

Referências: Isaías Fernandes Gomes, Bianca Martins Santos, Gahelyka Aghta Pantano Souza, Antonio Romero da Costa Pinheiro

Revisão do manuscrito: Bianca Martins Santos, Gahelyka Aghta Pantano Souza, Antonio Romero da Costa Pinheiro

CONFLITOS DE INTERESSE

Os autores declararam não haver nenhum conflito de interesse de ordem pessoal, comercial, acadêmico, político e financeiro referente a este manuscrito.

DISPONIBILIDADE DE DADOS DE PESQUISA

Os autores declaram que disponibilizarão os dados da pesquisa (quando couber).

CONSENTIMENTO DE USO DE IMAGEM

“Não se aplica.”

APROVAÇÃO DE COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

“Não se aplica.”

COMO CITAR - ABNT

GOMES, Isaías Fernandes; SANTOS, Bianca Martins; SOUZA, Gahelyka Aghta Pantano; PINHEIRO, Antonio Romero da Costa. Estudo do efeito fotoelétrico por problematização no Instituto Federal em Xapuri/AC. **REAMEC – Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática**. Cuiabá, v. 10, n. 1, e22019, jan./abr., 2022. <http://dx.doi.org/10.26571/reamec.v10i1.13224>.

COMO CITAR - APA

Gomes, I. F.; Santos, B. M.; Souza, G. A. P.; Pinheiro, A. da C. (2022). Estudo do efeito fotoelétrico por problematização no Instituto Federal em Xapuri/AC. *REAMEC - Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática*, 10 (1), e22019. <http://dx.doi.org/10.26571/reamec.v10i1.13224>.

LICENÇA DE USO

Licenciado sob a Licença Creative Commons [Attribution-NonCommercial 4.0 International \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Esta licença permite compartilhar, copiar, redistribuir o manuscrito em qualquer meio ou formato. Além disso, permite adaptar, remixar, transformar e construir sobre o material, desde que seja atribuído o devido crédito de autoria e publicação inicial neste periódico.

DIREITOS AUTORAIS

Os direitos autorais são mantidos pelos autores, os quais concedem à Revista REAMEC – Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática - os direitos exclusivos de primeira publicação. Os autores não serão remunerados pela publicação de trabalhos neste periódico. Os autores têm autorização para assumir contratos adicionais separadamente, para distribuição não exclusiva da versão do trabalho publicada neste



periódico (ex.: publicar em repositório institucional, em site pessoal, publicar uma tradução, ou como capítulo de livro), com reconhecimento de autoria e publicação inicial neste periódico. Os editores da Revista têm o direito de proceder a ajustes textuais e de adequação às normas da publicação.

PUBLISHER

Universidade Federal de Mato Grosso. Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências e Matemática (PPGECM) da Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática (REAMEC). Publicação no [Portal de Periódicos UFMT](#). As ideias expressadas neste artigo são de responsabilidade de seus autores, não representando, necessariamente, a opinião dos editores ou da referida universidade.

EDITOR

Patrícia Rosinke  

HISTÓRICO

Submetido: 09 de dezembro de 2021.

Aprovado: 05 de março de 2022.

Publicado: 05 de abril de 2022.