

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**RUBENS DIAS DO PRADO**

**EFEITO FOTOELÉTRICO: MATERIAL DIGITAL DE APOIO AOS ALUNOS DO  
TERCEIRO ANO DO ENSINO MÉDIO**

**CAMPO MOURÃO**

**2022**

**RUBENS DIAS DO PRADO**

**EFEITO FOTOELÉTRICO: MATERIAL DIGITAL DE APOIO AOS ALUNOS DO  
TERCEIRO ANO DO ENSINO MÉDIO**

**Photoelectric effect: Digital support material for third year students of high  
school**

Dissertação apresentada como requisito para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física do Programa de Mestrado Profissional de Ensino de Física – Polo 32 (MNPEF) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador: Prof. Dr. Michel Corci Batista

Coorientador(a): Prof. Dr. Gilson Junior Schiavon

**CAMPO MOURÃO**

**2022**



Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor (es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



Ministério da Educação  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Campus Campo Mourão



RUBENS DIAS DO PRADO

**EFEITO FOTOELÉTRICO: MATERIAL DIGITAL DE APOIO AOS ALUNOS DO TERCEIRO ANO DO ENSINO MÉDIO**

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre Em Ensino De Física da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Astronomia/Física.

Data de aprovação: 06 de Agosto de 2022

Dr. Michel Corci Batista, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dr. Andre Dias Martins, Doutorado - Faculdade Cidade Verde (Fcv)

Dr. Oscar Rodrigues Dos Santos, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 08/08/2022.

Dedico este trabalho à minha família, em especial a minha mãe, irmã e noiva. Com muita paciência e amor eles sempre apoiaram e incentivaram meus estudos.

Aos meus orientadores, os quais deram suporte e inspiração para que eu acreditasse em minha capacidade. Sem eles eu não teria concluído este trabalho.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço Primeiramente a Deus, pelas bênçãos recebidas, pela proteção e força que me fizeram chegar ao final desta jornada.

À minha mãe e minha irmã, que desde sempre, cuidaram de mim e me ensinaram que estudar faz toda a diferença. Obrigado, Mãe.

À minha família e amigos, que entenderam minha ausência nesse período e me incentivaram a prosseguir nesta caminhada.

Agradeço em especial a minha noiva, a qual sempre me apoia em minhas decisões e do meu lado supera os obstáculos junto comigo.

Aos professores do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) da UTFPR (Universidade Tecnológica Federal do Paraná) de Campo Mourão, que contribuíram para o meu aperfeiçoamento e crescimento profissional, sempre dedicados, prontos para ajudar, fato este que os considero além de professores e orientadores, meus amigos. Minha admiração será eterna por todos.

Ao Prof. Marco Antonio Moreira, por suas palestras e todas as suas publicações que me orientaram e ensinaram e estendendo meu agradecimento a todos os referenciados neste trabalho, suas pesquisas contribuíram para o mesmo.

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus de Campo Mourão pelas condições proporcionadas para a realização deste curso de mestrado.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Agradeço também aos meus alunos da terceira série que participaram desta análise. Sempre educados, estudiosos e interessados nas aulas.

E, por fim, mais de grande importância, pois, sem os mesmos não teria concluído esta pesquisa, agradeço ao meu coorientador Dr. Gilson Junior Schiavon. E, em especial ao meu orientador, Dr. Michel Corci Batista, pelo excelente trabalho que fez e continua fazendo pela física. Além de orientador é meu amigo de coração, o que tornou essa experiência muito melhor e muito mais fácil.

## RESUMO

Nosso trabalho objetivou investigar as potencialidades de um material digital de física, com o tema do efeito fotoelétrico desenvolvido à luz da teoria de aprendizagem de Gagné em uma turma do terceiro ano do Ensino Médio de uma escola privada da cidade de Maringá, região noroeste do estado do Paraná. Tal proposta constitui-se como produto educacional do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física. Adotou-se uma metodologia de pesquisa qualitativa. A realização deste trabalho está baseada na Teoria de Aprendizagem de Gagné com enfoque em Ciência, Tecnologia e Sociedade. Para a coleta de dados foram utilizados dois questionários, um inicial com o intuito de verificar conhecimentos prévios dos alunos e um final para identificar uma possível reconciliação integradora acerca dos conteúdos. Os resultados mostram que os alunos evoluíram nos conceitos de física e também na aplicação da física no cotidiano dos mesmos, principalmente nas áreas tecnológicas. Dessa forma, percebemos indícios de um aprendizado significativo dos alunos no tema do efeito fotoelétrico e, nas relações interdisciplinares com outros temas relacionados.

**Palavras-chave:** aprendizagem significativa; efeito fotoelétrico; material digital.

## ABSTRACT

Our work aimed to investigate the potential of a digital physics material, with the theme of the photoelectric effect, developed in the light of Gagné's learning theory in a third year high school class of a private school in the city of Maringá, northwest region of the state. from Paraná. This proposal constitutes an educational product of the National Professional master's in physics teaching. A qualitative research methodology was adopted. This work is based on Gagné's Learning Theory with a focus on Science, Technology and Society. Questionnaires were used for data collection, an initial questionnaire in order to verify the students' previous knowledge and a final one to identify a possible integrative reconciliation about the contents. The results show that the students evolved in the concepts of physics and also in the application of physics in the students' daily lives, mainly in the technological areas. In this way, we perceive evidence of a significant learning of the students in the subject of the photoelectric effect and, in the interdisciplinary relations with other related subjects.

**Keywords:** meaningful learning; photoelectric effect; ebook.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Esquema experimental do efeito fotoelétrico.....	15
Figura 2 -	Gráfico do potencial de stop em função da frequência para uma placa de sódio.....	17
Figura 3 -	Gráfico da corrente elétrica em função do potencial no efeito fotoelétrico.....	17
Figura 4 -	Gráfico da energia cinética máxima em função da frequência no efeito fotoelétrico.....	19
Figura 5 -	Print do Ebook do efeito fotoelétrico.....	29
Figura 6 -	Como abrir o simulador.....	31
Figura 7 -	Tela inicial do simulador.....	31
Figura 8 -	Botões do simulador.....	32
Figura 9 -	Aluno respondendo ao questionário inicial.....	34
Figura 10 -	Alunos realizando experiências.....	37
Figura 11 -	Relato do aluno 1.....	38
Figura 12 -	Relato do aluno 2.....	39
Figura 13 -	Relato do aluno 3.....	39
Figura 14 -	Relato do aluno 4.....	39
Figura 15 -	Relato do aluno 5.....	40
Figura 16 -	Relato do aluno 6.....	40
Figura 17 -	Relato do aluno 8.....	40
Figura 18 -	Relato do aluno 9.....	41
Figura 19 -	Relato do aluno 10.....	41
Figura 20 -	Relato do aluno 11.....	41
Figura 21 -	Relato do aluno 12.....	41
Figura 22 -	Relato do aluno 13.....	41
Figura 23 -	Relato do aluno 14.....	42
Figura 24 -	Resposta inicial da questão 1.....	51
Figura 25 -	Resposta final da questão 1.....	52
Figura 26 -	Resposta inicial da questão 2.....	52
Figura 27 -	Resposta final da questão 2.....	53
Figura 28 -	Resposta inicial da questão 3.....	53



Figura 29 -	Resposta final da questão 3.....	54
Figura 30 -	Resposta inicial da questão 4.....	54
Figura 31 -	Resposta final da questão 4.....	55
Figura 32 -	Resposta inicial da questão 5.....	55
Figura 33 -	Resposta final da questão 5.....	56
Figura 34 -	Resposta inicial da questão 6.....	56
Figura 35 -	Resposta final da questão 6.....	57
Figura 36 -	Resposta inicial da questão 7.....	57
Figura 37 -	Resposta final da questão 7.....	58
Figura 38 -	Resposta inicial da questão 8.....	58
Figura 39 -	Resposta final da questão 8.....	59
Figura 40 -	Resposta inicial da questão 9.....	59
Figura 41 -	Resposta final da questão 9.....	60

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Ficha Técnica da proposta.....	26
Quadro 2 - Organização das aulas.....	27
Quadro 3 - Resposta inicial e final dos alunos, questão 1.....	42
Quadro 4 - Resposta inicial e final dos alunos, questão 2.....	43
Quadro 5 - Resposta inicial e final dos alunos, questão 3.....	45
Quadro 6 - Resposta inicial e final dos alunos, questão 4.....	46
Quadro 7 - Resposta inicial e final dos alunos, questão 5.....	48
Quadro 8 - Resposta inicial e final dos alunos, questão 6.....	48
Quadro 9 - Resposta inicial e final dos alunos, questão 7.....	49

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>14</b>
<b>2.1</b>	<b>Uma introdução ao efeito fotoelétrico .....</b>	<b>14</b>
2.1.1	A física ao final do século XIX .....	14
2.1.2	A contribuição de Max Planck .....	14
2.1.3	O efeito fotoelétrico e seus problemas do ponto de vista da física clássica.....	15
2.1.4	Albert Einstein e suas contribuições para o efeito fotoelétrico .....	18
2.1.5	O efeito fotoelétrico explicado pela física moderna .....	19
2.1.6	Aplicações do efeito fotoelétrico na tecnologia atual .....	20
<b>2.2</b>	<b>Uma introdução à teoria de aprendizagem .....</b>	<b>21</b>
<b>3</b>	<b>ENCAMINHAMENTO METODOLÓGICO .....</b>	<b>25</b>
<b>3.1</b>	<b>Caracterização do trabalho .....</b>	<b>25</b>
<b>3.2</b>	<b>Instrumentos de constituição dos dados .....</b>	<b>25</b>
<b>3.3</b>	<b>Análise dos dados .....</b>	<b>26</b>
<b>3.4</b>	<b>Proposta de produto educacional .....</b>	<b>27</b>
<b>4</b>	<b>ANÁLISE E DISCUSSÃO .....</b>	<b>35</b>
<b>4.1</b>	<b>Relato de experiência .....</b>	<b>35</b>
<b>4.2</b>	<b>Resultado dos questionários inicial e final .....</b>	<b>43</b>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>62</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>63</b>
	<b>ANEXO 1 – COMPETÊNCIAS DO ENEM.....</b>	<b>65</b>
	<b>APÊNDICE 1 – PRODUTO EDUCACIONAL .....</b>	<b>69</b>
	<b>APÊNDICE 2 – QUESTIONÁRIO.....</b>	<b>104</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A disciplina de física na educação básica brasileira pode ser resumida da seguinte forma: no primeiro ano do ensino médio o aluno conhece a mecânica, no segundo conhece a termologia, óptica e ondas e no terceiro ano a eletricidade. A física moderna, a maioria das vezes é deixada de lado, por diversos fatores, entre eles, professores graduados pelo método tradicional, com o mínimo ou nenhum acesso aos conteúdos no período de sua formação (MOREIRA, 2011), a pouca oferta de materiais didáticos, a desmotivação e a falta de tempo hábil para este tema. De acordo com Oliveira, Araujo e Veit (2016) o sistema educacional brasileiro não acompanhou a evolução tecnológica. As aulas, em geral, costumam ser somente expositivas, com conteúdos desatualizados e muitas vezes não interessantes num “universo” onde as mídias digitais resolvem basicamente todos os problemas em vídeos de quinze segundos. Deste modo os alunos costumam a não se interessar e não ter motivação pelas aulas. Houve então a necessidade da produção de um material que possui fácil acesso ao conteúdo da física moderna. Por vivermos em uma época em que os estudantes estão acostumados a visualizar vídeos e textos curtos, mantendo contato com suas redes sociais, através de seus computadores, smartphones ou tablets, o material em questão, deveria ser objetivo e sucinto, mas ao mesmo tempo completo. Houve a ideia de produzir um material digital (ebook), que contém um texto explicativo sobre o efeito fotoelétrico em uma linguagem acessível e com links em palavras importantes onde o aluno ao sentir necessidade ou a curiosidade de aprofundar seus conhecimentos naquela palavra, efetua um click, e é diretamente encaminhado a um texto mais completo sobre o tema desejado, proporcionando ao aluno um método de ensino mais dinâmico, menos fragmentado e mais envolvente.

É de suma importância que os alunos da educação básica conheçam os fundamentos da tecnologia cotidiana, como por exemplo no início da década de 2020 teve um aumento significativo no uso de energia solar, que nesse período é pouco abordado em conteúdos do ensino médio. Esse atua pode atuar direta e indiretamente na vida desse estudante e pode alterar até mesmo o rumo que esse tomará para seu futuro. As aplicações da física moderna, em especial, o tópico que será abordado por esse trabalho, o efeito fotoelétrico, são muitas no

nosso cotidiano, como por exemplo sistemas de abertura automática de portas, painéis fotovoltaicos etc. Dessa forma, se faz necessário o estudo desse tópico, não apenas no modelo tradicional (ouvir, ler e fazer exercícios), mas também entender de forma significativa com simulações e experimentos os conceitos fundamentais desse tema.

Segundo Moreira (2011), o ensino da física básica serve apenas para treinar os alunos para conquistar a tão sonhada aprovação no vestibular, ou seja, não é um ensino em que o aluno compreenda de fato o fenômeno e saiba relacionar com outras disciplinas. Ensinar física não é apenas abordar os fenômenos com base na racionalidade, mas sim, de acordo com Santos (22), pensar em metodologias que sejam capazes de levar o aluno a pensar e refletir sobre o universo da ciência e deixar de lado a ideia que a física é somente números e racionalidade. De acordo com a BNCC (2018), a física moderna, no ensino brasileiro atual, está contemplada para o terceiro ano do ensino médio e a maioria das vezes o último conteúdo do ano, onde geralmente professores da rede pública acabam não tendo tempo hábil de ensinar esse conteúdo. Quando ensinado, muitas vezes, é da maneira tradicional, e o aluno “decora” as fórmulas e aplica em exercícios para simplesmente alcançar a nota e passar de ano. Somado a esse problema, também temos os professores desmotivados que não estabelecem problemas criativos, não mostram os “porquês” dos conceitos e não aplicam em situações reais e cotidianas, ficando preso a problemas matemáticos do livro didático. Com esses problemas apresentados, faz-se necessário buscar soluções para que o ensino desse importante tema se torne mais atraente e desperte a curiosidade científica dos estudantes e promova o aprendizado de modo significativo.

Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo contribuir na prática das aulas de física, especialmente na física moderna, com o tema efeito fotoelétrico. Por ser um tema atual, muito aplicável e que, se apresentado da maneira correta, instiga a curiosidade científica dos alunos podendo até mudar o rumo tomado acerca de profissões escolhidas, o material digital servirá de apoio tanto para o aluno quanto para o professor, facilitando o aprendizado e a preparação de aulas.

Referindo-se à organização, este trabalho foi dividido em quatro capítulos. O primeiro é a introdução, que segue as orientações da Sociedade

Brasileira de Física e da coordenação do Mestrado Nacional e Profissional em Ensino de Física na Universidade Tecnológica Federal do Paraná no campus de Campo Mourão.

No segundo capítulo está a fundamentação teórica sobre o estudo da física do efeito fotoelétrico e a teoria sobre os fundamentos de aprendizagem de Gagné, fundamento esse, escolhido como base deste trabalho.

O terceiro capítulo apresenta o encaminhamento metodológico com uma pesquisa qualitativa e descritiva sobre o trabalho.

No quarto capítulo está contido os relatos de experiência de ensino com os alunos da terceira série do ensino médio de um colégio de instituição privada de Maringá.

Assim, este trabalho e seu produto educacional se propõe a entrar nas discussões mais atuais do Programa de Mestrado em Ensino de Física no tema da física moderna.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 A física do efeito fotoelétrico

#### 2.1.1 A física ao final do século XIX

Por volta de 1890, a Física, de acordo com Gaspar (2013), vivia uma situação confortável, onde as *teorias clássicas dela* estavam perfeitamente estabelecidas e geravam confiança para os pesquisadores, suas áreas como a mecânica, termodinâmica e eletromagnetismo aparentavam estar completamente prontas sem nada a acrescentar. De acordo com Eisberg (1986) tínhamos como ‘pequenas nuvens cinzas’ na física o problema que ficou conhecido como catástrofe do ultravioleta e o problema do referencial da luz (que mais tarde esses dois problemas dariam origem a duas físicas totalmente novas: Mecânica Quântica e Relatividade).

Ainda de acordo com Typler (2006), a catástrofe do ultravioleta surgiu dos erros teóricos acerca da radiação do corpo negro. Sabemos que todos os corpos com temperatura acima de 0 K emitem radiação na forma de ondas eletromagnéticas. Essa radiação possui uma intensidade máxima em certo comprimento de onda e fora desse pico máximo a intensidade de emissão diminui consideravelmente. Segundo Gaspar (2013) as teorias da época falhavam acerca desse experimento, sendo que havia uma divergência em relação ao decréscimo de intensidade, onde para baixo comprimento de onda (radiação ultravioleta) a intensidade de emissão tendia ao infinito, por esse motivo, esse problema ficou conhecido como catástrofe do ultravioleta.

#### 2.1.2 A contribuição de Max Planck

Segundo Helou (2012), para resolver o problema da catástrofe do ultravioleta, Max Planck, em 1900, propôs que a energia trocada entre a radiação e a matéria se desse de maneira discreta, ou seja, de maneira quantizada. Dessa forma, essa energia não poderia assumir qualquer valor, mas sim, múltiplos inteiros de um certo valor mínimo, que ficou conhecido como *quantum* de energia. Esse valor é dado pela Equação 1 abaixo.

$$E = h \cdot f \quad (1)$$

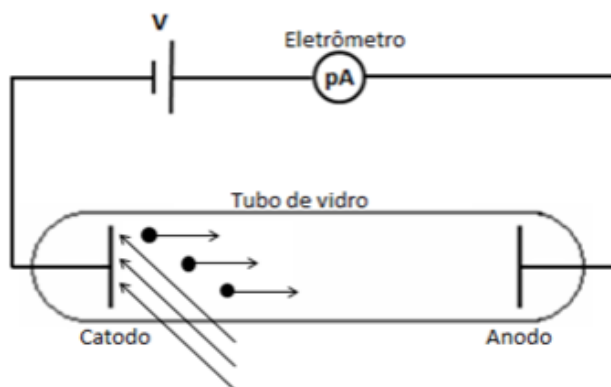
Onde  $f$  é a frequência da radiação e  $h$  a constante de Planck ( $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ ).

Ainda de acordo com o mesmo autor, com a inserção desse detalhe da energia, agora os gráficos teóricos convergiam para os dados experimentais. Dessa forma, o problema da radiação do corpo negro estava resolvido. Mas essa ideia não foi muito bem aceita de início, pois limitava valores de energia, e isso era algo totalmente diferente do “comum” da física. Max Planck mesmo, ao chegar nessa conclusão, comentou que isso era totalmente matemático.

### 2.1.3 O efeito fotoelétrico e seus problemas do ponto de vista da física clássica

O efeito fotoelétrico, de acordo com Taylor (2003), inicialmente descoberto por Friedrich Hertz e depois estudado com mais detalhes por Philipp Lenard, consiste em ejetar elétrons de uma placa metálica a partir da emissão de uma luz de intensidade  $I$  e frequência  $f$ . O esquema para a montagem experimental do efeito fotoelétrico está na Figura 1. Os elétrons emitidos são atraídos pelo anodo (placa conectada ao polo positivo da bateria). Esse movimento dos elétrons produz uma corrente elétrica extremamente pequena, da ordem de  $10^{-12} \text{ A}$  ( $\text{pA}$ ), medida usando-se eletrômetros.

Figura 1 – Esquema experimental do efeito fotoelétrico.



Fonte: Batista *et al.* (2021, p.05).

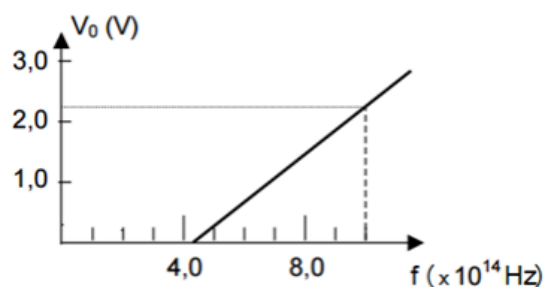


O efeito fotoelétrico em si não contraria a mecânica quântica, mas alguns resultados não podiam ser explicados utilizando a mecânica clássica (física antes de 1900). Esses problemas, de acordo com Batista 2016 eram:

1) o porquê o tempo de os elétrons serem ejetados da placa e percorrerem um circuito elétrico não dependia na intensidade da luz incidente. Para a mecânica clássica, os elétrons eram ejetados pela interação entre os campos magnéticos e elétricos provenientes da radiação incidente e os elétrons. Essas partículas sentiriam uma agitação extra devido a incidência desses campos, que são proporcionais a intensidade da luz, e a partir de certa agitação conseguiriam escapar da estrutura do metal, podendo assim serem usados para percorrer um circuito elétrico. Dessa forma então, era previsto que com baixa intensidade de luz, os campos elétricos e magnéticos teriam baixa magnitude, fazendo assim os elétrons oscilarem menos e dessa forma demorarem mais tempo para serem ejetados.

2) o porquê existia uma frequência mínima da luz incidente para arrancar elétrons, já que pela teoria clássica a energia da luz era dependente da intensidade da luz e não da frequência. Como explicado no item 1, os elétrons deveriam ser arrancados pela interação entre os campos magnéticos e elétricos com os elétrons. Dessa forma, a ejeção ou não dos elétrons teria relação direta com a intensidade luminosa e não com a frequência dessa radiação (cor da luz), que de início não teria relação alguma com a energia. O gráfico de uma superfície de sódio do potencial de stop (potencial que freia os elétrons ejetados e não os deixa percorrerem o circuito elétrico zerando a intensidade de corrente elétrica do circuito elétrico) em função da frequência está na Figura 2.

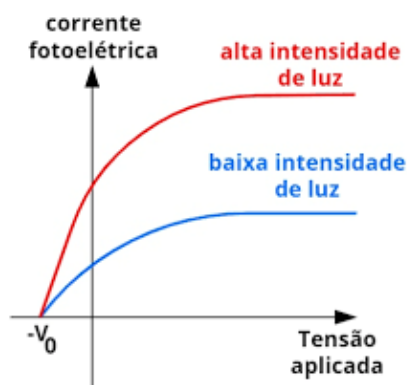
Figura 2 – Gráfico do potencial de stop em função da frequência para uma placa de sódio.



Fonte: Batista *et al.* (2021, p.06).

3) o porquê o potencial de ‘stop’ não dependia da intensidade da luz incidente. Assim como explicado nos itens 1 e 2, a intensidade luminosa era para ter um papel importantíssimo na ejeção de elétrons. Aqui nesse ponto, quando os elétrons são arrancados, podemos aplicar uma diferença de potencial que gera um campo elétrico e conseqüentemente os elétrons ficam sujeito a ação de uma força elétrica contrária ao seu deslocamento. Assim, essas partículas desaceleram, perdem energia e retornam a placa de origem. Era de se esperar que, quanto maior a radiação da luz incidente, maior seria a energia cinética com esses elétrons ejetados, conseqüentemente, uma diferença de potencial maior teria que ser aplicada para que esses elétrons freassem e retornassem a placa de origem e isso não foi verificado. Ao aumentar a intensidade luminosa o potencial de *stop* ficava inalterado. Esses problemas podem ser visualizados pela Figura 3.

Figura 3 – Gráfico da corrente elétrica em função do potencial no efeito fotoelétrico.



Fonte: Batista *et al.* (2021, p.05).

Percebe-se pelo gráfico que quanto maior a intensidade da luz incidente, maior é a corrente, o que está de acordo com a mecânica clássica, mas todas as frequências convergem para o mesmo potencial de stop ( $V_0$ ), o que não é explicado pela mecânica clássica.

#### 2.1.4 Albert Einstein e suas contribuições para o efeito fotoelétrico

Ainda de acordo com Taylor (2003), Albert Einstein, em 1905, formulou alguns postulados simples acerca do efeito fotoelétrico.

- 1) a luz é formada por pacotes de energia (fótons), onde a energia de cada fóton é proporcional a sua frequência.
- 2) a emissão de elétrons da placa metálica se dá na forma de que 1 fóton pode arrancar apenas um elétron.
- 3) na “colisão” de um fóton e um elétron, o fóton ou ele entrega toda sua energia ao elétron ou não entrega nada.

Com esses postulados, segundo Taylor (2003), todos os problemas do efeito fotoelétrico foram resolvidos, e ainda, como os resultados experimentais levavam a mesma constante que Planck havia proposto em um problema diferente, houve uma convergência de resultados o que deixa essa “nova” física mais forte.

O problema do tempo de ejeção dos elétrons não depender da intensidade luminosa é resolvido pelo postulado escrito no item 2, onde tem-se que, basta apenas 1 fóton ser capaz de arrancar um elétron que já se tem corrente elétrica disponível no circuito. Dessa forma, a intensidade luminosa só aumentaria o número de fótons e conseqüentemente o número de elétrons ejetados, mas não alteraria o tempo de ejeção. O problema da frequência mínima é resolvido pelo item 1, já que agora a energia da luz tem relação direta com a frequência dela. Assim, certas frequências não são capazes de arrancar elétrons, mas a partir de um certo valor (frequência de corte) já é possível o efeito fotoelétrico. E por fim, o problema do potencial de *stop*, se resolve da mesma

forma, em que esse deve depender, agora, da frequência luminosa, e não da intensidade.

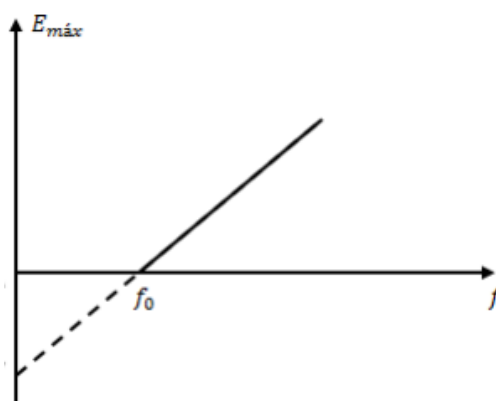
### 2.1.5 O efeito fotoelétrico explicado pela física moderna

O efeito fotoelétrico, de acordo com Gaspar (2013), consiste na emissão de elétrons pela incidência de luz com determinada frequência. A partir dos postulados de Einstein, podemos equacionar esse feito. A energia cinética dos elétrons ejetados é dada pela Equação 2.

$$E_{C\text{máx}} = hf - \phi \quad (2)$$

Essa energia é máxima quando é arrancado os elétrons da superfície e para isso é gasto uma energia, denominada função trabalho ( $\phi$ ). Tem-se ainda que  $h$  é a constante de Planck e  $f$  a frequência da luz incidente. Ao construir um gráfico da energia cinética em função da frequência pode-se observar que o coeficiente angular da reta é numericamente igual a constante de Planck. A Figura 4 mostra esse gráfico.

**Figura 4 – Gráfico da energia cinética máxima em função da frequência no efeito fotoelétrico.**



Fonte: Batista *et al.* (2021, p. 08).

No caso mínimo, tem-se que a energia cinética tende a zero, então pode-se encontrar a frequência de corte ( $f_0$ ) do material pela Equação 3.

$$f_0 = \frac{\phi}{h} \quad (3)$$

Pode-se também equacionar o potencial de *stop* ( $V_{stop}$ ), ainda de acordo com Gaspar (2013), necessário para que os elétrons ejetados retornem a placa de origem. A energia cinética de saída dos elétrons deve ser gasta em forma de trabalho da força elétrica ( $\tau = e \cdot V_{stop}$ ), onde  $e$  é a carga do elétron. Igualando essas energias e utilizando a Equação 3, pode-se chegar à Equação 4.

$$V_{stop} = \frac{h(f - f_0)}{e} \quad (4)$$

De acordo com Batista (2016), além das discussões sobre a natureza da luz, a teoria proposta por Einstein permitiu o surgimento de inúmeras aplicações tecnológicas. Como exemplos temos: luz interagindo com os bastonetes e cones do nosso olho; sensores de controle para abertura de portas; sensores de vigilância; sensores de imagens nas câmeras de vídeo; sensores de câmeras fotográficas; placas solares; sensores eletrônicos de radiação eletromagnética de uma maneira geral entre outros

#### 2.1.6 Aplicações do efeito fotoelétrico na tecnologia atual

O efeito fotoelétrico, de acordo com Batista (2016), se aplica em várias áreas da tecnologia atual. A principal aplicação está no uso da energia solar. Com a incidência da luz solar, que é uma luz de alta frequência, elétrons podem ser ejetados e isso possibilita o uso para a conversão em energia elétrica. Também é aplicado em sensores de presença, como por exemplo, portas automáticas.

Atualmente as células fotoelétricas, ou fotocélulas, tem ampla utilização em diversos circuitos elétricos. Um exemplo bastante cotidiano é o controle remoto. De acordo com Silva (2000), a filmadora portátil de vídeo, que basicamente é uma estação de televisão compacta, também utiliza os dispositivos fotoelétricos.

Ainda de acordo com o mesmo autor, foi o efeito fotoelétrico que viabilizou o cinema falado, assim como a transmissão de imagens na televisão. Os aparelhos baseados nesse efeito controlam o tamanho das peças melhor do que qualquer operário.

Uma outra aplicação deste tema é o alarme contra ladrão. Um feixe de luz ao atingir uma superfície sensível faz com que elétrons sejam arrancados e conseqüentemente atraídos por um ânodo, assim um circuito adequado se fecha e um interruptor com alarme permanece desligado. Quando esse feixe de luz é interrompido, no caso pelo ladrão, a corrente deixa de passar no circuito, fazendo assim o alarme ser disparado.

## **2.2 Fundamentação teórica dos fundamentos de aprendizagem**

Para o presente trabalho, foi escolhido a teoria de aprendizagem de Gagné. Essa teoria, de acordo com Moreira (1999) contém elementos tanto da teoria behavioristas quanto da teoria cognitivista, sendo, portanto, uma transição entre essas. A aprendizagem é definida como uma mudança comportamental persistente. Ainda de acordo com o mesmo autor, o professor torna-se um “gerente” promotor da aprendizagem através da instrução cuja tarefa é planejar, selecionar, delinear e supervisionar a organização de eventos externos com o objetivo de influenciar os processos internos do aprendiz.

Para Gagné (1980), a aprendizagem está no estímulo de aprender, e esse, de início se encontra no meio externo, podendo ser construído e selecionado por um instrutor. Esse processo deve buscar indícios de conceitos previamente adquiridos para serem complementados e aprimorados.

De acordo com Borges (2020), Gagné começou a examinar muitas linhas de pensamento sobre aprendizagem, movendo-se inicialmente entre o behaviorismo e o cognitivismo. Assim como os processos de aprendizagem existentes, ele constrói uma teoria nebulosa e eclética que trata da individualidade do aprendiz, da interferência da mídia na aprendizagem, dos processos internos que são os principais responsáveis pelas funções sensoriais e da resposta que seria encontrar o ciclo de aprendizagem.

Ainda de acordo com o mesmo autor, em complementação com Lorenzato (2006), o processo de aprendizagem é uma construção interna,

iniciada pela motivação de aprender com o auxílio de expectativas. Dessa forma, todo indivíduo, já que na teoria gagniana leva em conta o fato individualidade, tem condição de aprender, desde que haja uma estimulação adequada com seus respectivos limites impostos.

A escola, no ponto de vista de Fiotentini (1993), deve preparar recursos para o aprendizado do aluno. Dessa forma, é necessário um planejamento para esse processo. A aprendizagem é de cada um, mas a iniciativa deve ser de maneira intencional e organizada.

Apesar de usar várias teorias do desenvolvimento humano e da aprendizagem como base, Robert Gagné, de acordo com Borges (2020), está fortemente ligado a um paralelo entre as abordagens neobehavioristas de controle de resposta, reforço e aprendizagem observável influenciadas por Pavlov (1849 - 1936) e Skinner (1904 - 1990) e, em contraste com o behaviorismo, a teoria do behaviorismo.

De acordo com Viera (2020), cabe ao instrutor promover a aprendizagem, administrando-a e avaliando-a quanto à sua eficiência. Assim, a proposta gagniana, é que seja feita uma sequência de nove eventos de instrução, divididos em três categorias (preparação, desempenho e transferência de conhecimento), que norteia esse projeto.

### **Categoria 1: Preparação**

**Evento 1:** *Ganhar a atenção:* Aqui, deve-se despertar a curiosidade dos alunos pelo tema escolhido, como por exemplo, as questões importantes presentes no Quadro 1.

**Evento 2:** *Descrever os objetivos de aprendizagem:* Mostrar o porquê e para que o tema escolhido. Enfatizar a importância do entendimento de outras fontes renováveis de energia.

**Evento 3:** *Evocar conhecimentos prévios:* Estimular os conhecimentos prévios (noções de ondas e circuitos) para o entendimento total do tema efeito fotoelétrico.

## **Categoria 2: Desempenho**

**Evento 4:** *Apresentar o conteúdo:* Utilizando aulas expositivas, contextualizadas e problematizadas, evidenciando a partir de experimentos e simulações com diálogo com os alunos.

**Evento 5:** *Guiar a aprendizagem:* A partir da sequência proposta, criando expectativas e fazendo o próprio aluno chegar a conclusões, esse evento desenvolve nos estudantes as capacidades ligadas as habilidades intelectuais e as estratégias cognitivas.

**Evento 6:** *Provocar a prática:* Os alunos poderão realizar o experimento ou fazer a simulação para testar o conhecimento adquirido. Podendo assim, chegar à conclusão de como o efeito fotoelétrico pode/é utilizado como uma fonte de energia renovável.

**Evento 7:** *Feedback:* Reforçar a aprendizagem do estudante, por meio de diálogos sobre a aplicação correta ou não dos conhecimentos adquiridos. Dessa forma, após o término da aula, o professor fica disponível para orientar os alunos os possíveis erros que possam vivenciar.

## **Categoria 3: Transferência de conhecimento**

**Evento 8:** *Avaliar o desempenho:* Existem muitas formas de verificação do conhecimento, nesse evento, os alunos, produzirão um relatório do que estão aprendendo e apontarão aspectos positivos e negativos (se houver) do uso desse tipo de energia.

**Evento 9:** *Generalização:* Aqui tem-se a oportunidade de aplicar e generalizar os conhecimentos adquiridos, atuando em diversas áreas do conhecimento e ampliando o que foi visto nas aulas. Também será proposto a resolução de testes sobre o tema estudado.

O processo de aprendizagem, segundo Vieira (2021), acontece quando é precedido de eventos de aprendizagem que ajudarão nesse processo. A aprendizagem pode ser dividida em sete fases: motivação, apreensão, aquisição, retenção, memorização, generalização/desempenho e retroalimentação. Nesse trabalho aqui apresentado, os alunos terão a motivação de entender um conceito novo e tecnológico da física, utilizando um tipo de material muito atual e de fácil acesso, terão a sequência que constrói a curiosidade dos alunos e a retenção de conceitos antigos com a assimilação de



conceitos novos, para que no fim do processo possam generalizar o tema aprendido em temas bastantes atuais para a sociedade mundial.

### **3 ENCAMINHAMENTO METODOLÓGICO**

#### **3.1 Caracterização do trabalho**

Este trabalho está embasado nos pilares da pesquisa qualitativa. A pesquisa qualitativa foi escolhida não por ordem ideológica, mas sim por ordem prática. Essa praticidade, de acordo com Junior e Batista (2021), tem a ver com a edificação dos objetos de pesquisa e os objetivos a serem alcançados nesse trabalho. Esse tipo de pesquisa tem o potencial de explicar melhor os objetos de pesquisa.

Os dados para a realização da pesquisa foram coletados de maneira presencial no ano de 2021, nos meses de setembro e outubro, com um grupo de doze alunos, sendo oito meninas e seis meninos, que estudavam no terceiro ano do Ensino Médio em uma instituição da rede privada de ensino.

A implementação do produto ocorreu entre os dias 20/09/2021 e 21/10/2021 de maneira presencial durante as aulas regulares. As aulas ocorriam nas segundas e quintas feiras (duas aulas semanais de quarenta e cinco minutos cada). As aulas já faziam parte do planejamento escolar, então facilitou a implementação no período regular.

#### **3.2 Instrumentos de constituição dos dados**

Para a constituição dos dados foi utilizado dois questionários, um inicial e um final sobre o tema. O intuito dos questionários foi o de verificar se as atividades propostas de alguma forma contribuiriam para entendimento dos alunos sobre o tema efeito fotoelétrico.

De acordo com Junior e Batista (2021), o questionário tem várias definições, os pesquisadores tentam vincular a formulários e também a entrevistas, mas de maneira mais específica pode ser definido como:

“Os questionários são instrumentos de coleta de dados constituídos por uma série sistematicamente estipulada de questões que, por sua vez, devem ser respondidas por escrito e sem a presença do entrevistador. Sendo assim, as perguntas presentes neles são, na maioria das vezes, fechadas e predispostas a tabulações e tratamentos estatísticos. Por conta de sua praticidade, os questionários são adequados à feitura de pesquisas com grandes populações e/ou amostras.

Para Gil (2002), o questionário é um instrumento de coleta de dados com questões pré-definidas em que o respondente registra suas impressões, informações e dados a respeito do tema pesquisado. A forma pela qual o respondente registra as respostas é pela escrita” (FONTANA, 2018, p. 74).

Ainda de acordo com Junior e Batista (2021) o questionário apanha dados de quem está respondendo e ainda pode flexibilizar a rigidez das questões. No caso desse trabalho, o questionário continha questões do tipo: “Você já ouviu falar de Albert Einstein? Se sim, por qual teoria?”. Ou seja, algumas questões simples, com intuito de saber também o conhecimento de “mundo” do aluno, visto que Einstein só é citado nas aulas no final do terceiro ano do ensino médio.

Além do questionário também será utilizado o diário de campo, a fim de não adiar as tarefas do trabalho, ou seja, seguir um planejamento sobre a pesquisa e escrita. Foi utilizado um local tranquilo para realizar as anotações sobre a pesquisa, sempre em momentos posteriores a aula, quando os alunos já haviam ido embora. Este trabalho foi escrito em ordem cronológica para melhor entendimento do leitor e também para facilitar o processo de escrita. De acordo com Junior e Batista (2021), o diário de campo consiste em um conjunto de narrações que refletem condutas e sua utilização possibilita descrever a evolução das situações vividas no processo da pesquisa.

### **3.3 Análise dos dados**

Os dados coletados serão apresentados e analisados a luz da pesquisa qualitativa. O uso da metodologia qualitativa está relacionado a sua praticidade e não a uma ordem ideológica, segundo Junior e Batista (2021). Essa praticidade tem relação com a construção dos objetos de pesquisa e com a definição dos objetivos a serem alcançados. A partir de todas as pesquisas realizadas ao longo desse trabalho, tanto a parte teórica de física, quanto a parte teórica educacional, foi montado um planejamento para a pesquisa qualitativa. Nesse planejamento foi estipulado os potenciais e limites analíticos que deveriam ser alcançados.

O caminho que foi seguido nesse trabalho foi o proposto por Oliveira (2016), que de acordo com Junior e Batista (2021), deveria ser seguido por todos os pesquisadores que é o que disciplinar as faculdades do olhar, do ouvir e do

escrever. Esses passos geram uma percepção aguçada que serve de alicerce para a construção de um pensamento sobre outro. Uma das dificuldades encontradas para o uso desse tipo de metodologia foi em saber como organizar e sistematizar o volume de dados gerados com a realização da pesquisa. A partir dos questionários iniciais e finais tivemos que separar questão por questão e fazer a análise de antes e depois.

### 3.4 Proposta de produto educacional

A proposta deste trabalho é elaborar um material digital aplicado em uma sequência didática que visa facilitar o entendimento do tema efeito fotoelétrico para os alunos do terceiro ano do ensino médio.

A ficha técnica da proposta é apresentada no Quadro 1.

**Quadro 1 – Ficha Técnica da proposta**

<b>FICHA TÉCNICA:</b> Efeito fotoelétrico: Um material digital para o ensino de física do terceiro ano do Ensino Médio.	
<b>TIPO DE ATIVIDADE:</b> Atividade investigativa voltada para as relações CTS.	
<b>PÚBLICO-ALVO</b>	Alunos do 3º Ano do Ensino Médio
<b>OBJETIVO GERAL</b>	Produzir um material digital (ebook) com uma proposta de sequência didático-pedagógica sobre o efeito fotoelétrico, a fim de proporcionar para os alunos da terceira série do Ensino Médio um trabalho interdisciplinar, sustentado pelas relações do CTS.
<b>PRÉ-REQUISITOS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Noções de ondulatória básica;</li> <li>▪ Função do primeiro grau;</li> <li>▪ Noções de conservação de energia</li> <li>▪ Noções de circuitos elétricos.</li> </ul>
<b>CONTEÚDOS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ondulatória;</li> <li>▪ Circuitos Elétricos;</li> <li>▪ Abordagem histórica do início da mecânica quântica;</li> <li>▪ Efeito fotoelétrico.</li> </ul>
<b>COMPETÊNCIAS</b>	<b>Específica 1: EM13CNT101</b>

	<b>Específica 1: EM13CNT103</b> <b>Específica 1: EM13CNT106</b> <b>Específica 2: EM13CNT205</b> <b>Específica 3: EM13CNT301</b> <b>Específica 3: EM13CNT302</b> <b>Específica 3: EM13CNT303</b> <b>Específica 3: EM13CNT308</b> <b>Específica 3: EM13CNT309</b>
<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Compreender as características do efeito fotoelétrico e associá-lo a diferentes aplicações cotidianas.</li> <li>▪ Associar diferentes áreas da física em uma única aplicação, o efeito fotoelétrico.</li> <li>▪ Interpretar texto de divulgação científica que tratem da temática de aplicação da física moderna na tecnologia atual.</li> </ul>

Fonte: Autoria própria (2022).

As competências e habilidades estão de acordo com a nova BNCC, que seguem no Anexo 1. No Quadro 2, está apresentada a organização da proposta didática.

**Quadro 2 – Organização das aulas**

<b>Aula 01</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aplicação de um questionário inicial que servirá de coleta de dados para verificar os conhecimentos prévios sobre o conteúdo.</li> <li>▪ Questões importantes: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ “Vocês conhecem Albert Einstein? Se sim, por qual teoria?”</li> <li>▪ “Einstein ganhou prêmio Nobel? Se sim, por qual teoria?”</li> <li>▪ “O que vocês acham sobre o consumo de energia do planeta? Que alternativa temos de energia de mais fácil acesso?”</li> </ul> </li> <li>▪ Aula expositiva trazendo dados estatísticos dos tipos de energia atualmente utilizados.</li> </ul>
<b>Aula 02</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fundamentação teórica: Ondas</li> <li>▪ Aula expositiva</li> </ul>

<b>Aula 03</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fundamentação teórica: Circuitos Elétricos</li> <li>▪ Aula expositiva</li> </ul>
<b>Aula 04</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Apresentação do efeito fotoelétrico do ponto de vista clássico.</li> <li>▪ Aula expositiva</li> <li>▪ Debate sobre os problemas do efeito fotoelétrico</li> </ul>
<b>Aula 05</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Soluções apresentadas por Albert Einstein sobre o efeito fotoelétrico</li> <li>▪ Aula expositiva</li> </ul>
<b>Aula 06</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Simulação Virtual sobre o efeito fotoelétrico</li> <li>▪ <a href="https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/photoelectric">https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/photoelectric</a></li> </ul>
<b>Aula 07</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Experimento sobre o efeito fotoelétrico</li> </ul>
<b>Aula 08</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ A matemática do efeito fotoelétrico</li> <li>▪ Aula expositiva</li> </ul>
<b>Aula 09</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aplicações do efeito fotoelétrico na tecnologia atual → Energia solar</li> <li>▪ Aula expositiva</li> </ul>
<b>Aula 10</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Questionário final sobre o efeito fotoelétrico</li> </ul>

**Fonte: Autoria própria (2022).**

A aula 01 tem como objetivo verificar os conhecimentos prévios dos alunos bem como ter dados para poder fazer a comparação depois dos conhecimentos adquiridos. A aula 02 tem como objetivo revisar conceitos importantes de ondulatória, visto que para o entendimento do efeito fotoelétrico o aluno deve saber qual era a teoria vigente para a luz e quais as leis que ela respeitava, nessa aula o aluno ainda não terá acesso ao material digital. A aula 03 tem como objetivo revisar conceitos importantes de circuitos elétricos visto que para entendimento do efeito fotoelétrico o aluno deve saber as condições para ter uma corrente elétrica e suas propriedades, nessa aula o aluno ainda não terá acesso ao material digital.

A aula 04 tem como objetivo apresentar o efeito fotoelétrico visto pela física clássica, ou seja, com o comportamento ondulatório da luz. Nessa aula será colocado aos alunos os problemas que a física enfrentava para explicar esse efeito por essa ótica. Será despertada uma curiosidade do aluno se a luz é

onda então como que o efeito está acontecendo dessa forma, aqui o aluno ainda não terá o material digital. A aula 05 tem como objetivo explicar as soluções propostas por Einstein no efeito fotoelétrico e apresentar a nova teoria da luz. Nessa aula o aluno receberá o material digital, no qual agora ele possui um resumo de tudo o que foi visto nas aulas, e também pode aprofundar em alguns conceitos. O texto resumido possuirá links clicáveis e o aluno poderá ler a palavra e se sentir necessidade ou vontade de aprofundar naquele tema é só apertar na palavra para ter acesso a um texto ou vídeo mais detalhado sobre o assunto. A Figura 1 mostra como está disposto o ebook.

**Figura 5 – Print do Ebook do efeito fotoelétrico**



#### **O EFEITO FOTOELÉTRICO E SEUS PROBLEMAS PELA VISTA DA FÍSICA CLÁSSICA**

O efeito fotoelétrico, inicialmente descoberto por [Friedrich Hertz](#) e depois estudado com mais detalhes por [Philipp Lenard](#), consiste em ejetar elétrons de uma placa metálica a partir da emissão de uma luz de intensidade  $I$  e frequência  $f$ . O [efeito fotoelétrico](#) em si não contraria a mecânica quântica, mas alguns resultados não podiam ser explicados utilizando a mecânica clássica (física antes de 1900). Esses [problemas](#) eram:

1) o porquê o tempo de os elétrons serem ejetados da placa e percorrerem um circuito elétrico não dependia na intensidade da luz incidente. Para a mecânica clássica, os elétrons eram ejetados pela interação entre os campos magnéticos e elétricos provenientes da radiação incidente e os elétrons. Essas partículas sentiriam uma agitação extra devido a incidência desses campos, que são proporcionais a intensidade da luz, e a partir de certa agitação conseguiriam escapar da estrutura do metal, podendo assim serem usados para percorrer um circuito elétrico. Dessa forma então, era previsto que com baixa intensidade de luz, os campos elétricos e magnéticos teriam baixa magnitude, fazendo assim os elétrons oscilarem menos e dessa forma demorarem mais tempo para serem ejetados.

2) o porquê existia uma frequência mínima da luz incidente para arrancar elétrons, já que pela teoria clássica a energia da luz era dependente da intensidade da luz e não da frequência. Como explicado no item 1, os elétrons deveriam ser arrancados pela interação entre os campos magnéticos e elétricos com os elétrons. Dessa forma, a ejeção ou não dos elétrons teria relação direta com a intensidade luminosa e não com a frequência dessa radiação (cor da luz), que de início não teria relação alguma com a energia.

**Fonte: Autoria própria (2022).**

A aula 06 e 07 têm como objetivos colocar os conhecimentos em prática, tanto em experimentos quanto em simulações. Como os alunos agora já possuem o material digital, podem ter acesso a explicações da simulação e a vídeos das experiências. As aulas 08 e 09 têm como objetivo formalizar o efeito fotoelétrico e apresentar as várias aplicações cotidianas e tecnológicas do tema estudado. Para finalizar a aula 10 tem como objetivo refazer o questionário inicial para comparação e análise de aprendizado dos alunos.

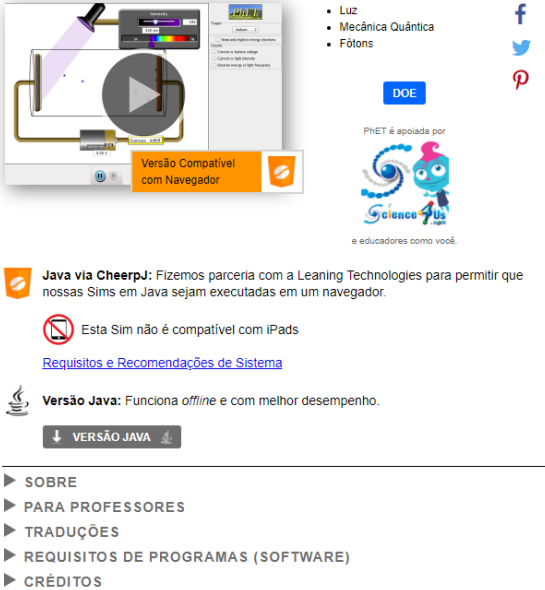
O experimento proposto está baseado na utilização de um eletroscópio, um canudo de plástico, um papel toalha, lâmpada incandescente e lâmpada que emite radiação UV. O experimento é bem simples, o professor irá eletrizar por atrito o canudo e o papel toalha e posteriormente eletrização o eletroscópio por contato utilizando o canudo agora já eletrizado. Assim, as folhas do eletroscópio de abrirão, pois surgirá uma força de repulsão entre elas. De acordo com a série triboelétrica, o canudo irá ficar carregado negativamente, conseqüentemente o eletroscópio também, ou seja, ficarão com excesso de elétrons. Para que o eletroscópio se descarregue, é necessário retirar esse excesso de elétrons, e isso poderá ser feito a partir da emissão de luz. O professor poderá mostrar que a lâmpada incandescente não produzirá esse efeito, pois tem baixa frequência, mas que a lâmpada de UV irá fazer, pois tem alta frequência. O professor poderá usar como modelo o vídeo (<https://youtu.be/yWX6ubSX5hw>).

Para o simulador, no computador/notebook, abrir o site *Phet Colorado* e pesquisar por efeito fotoelétrico. Agora é só clicar no botão play para entrar no simulador, a Figura 2 mostra o passo a passo.



**Figura 6 - Como abrir o simulador**

**Efeito Fotoelétrico**



- Luz
- Mecânica Quântica
- Fótons


DOE

PhET é apoiada por


Science 4Us

e educadores como você.

**Java via CheerpJ:** Fizemos parceria com a Leaning Technologies para permitir que nossas Sims em Java sejam executadas em um navegador.

 Esta Sim não é compatível com iPads

[Requisitos e Recomendações de Sistema](#)

 **Versão Java:** Funciona *offline* e com melhor desempenho.

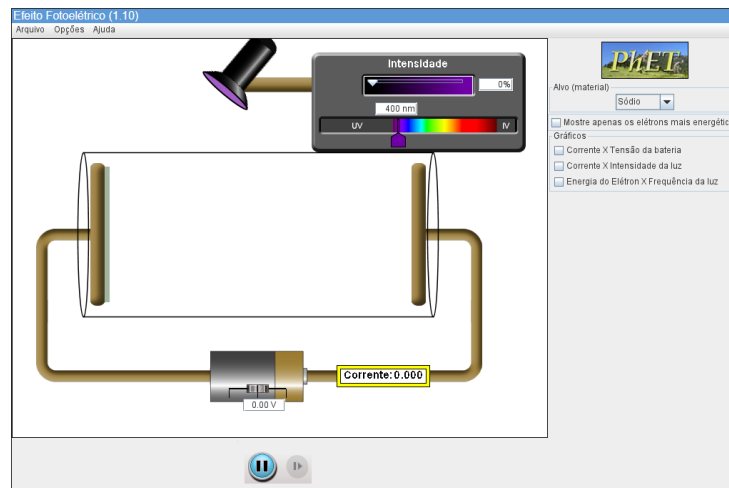
↓ VERSÃO JAVA

- ▶ SOBRE
- ▶ PARA PROFESSORES
- ▶ TRADUÇÕES
- ▶ REQUISITOS DE PROGRAMAS (SOFTWARE)
- ▶ CRÉDITOS

Fonte: Efeito (2022).

Após clicar no link, aguarde alguns instantes o carregamento do simulador. Após carregado, abrirá uma tela igual a Figura 3 mostra.

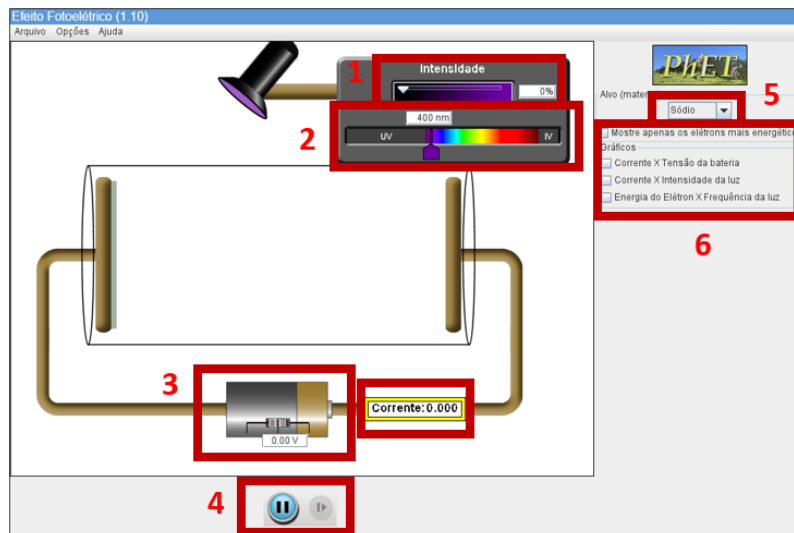
**Figura 7 - Tela inicial do simulador**



Fonte: Efeito (2022).

Nesse simulador pode-se configurar muitos parâmetros envolvidos no efeito fotoelétrico. Na Figura 4, tem uma indicação das configurações possíveis nesse simulador.

Figura 8 – Botões do simulador



Fonte: Efeito (2022).

Na Figura 3, a caixa 1 representa a intensidade da luz emitida. Nessa caixa, pode-se alterar a intensidade luminosa de 0% (nada de luz) até 100% (luz máxima). A caixa 2 representa o comprimento de onda da luz incidente (pode-se pensar na “cor” da luz). Nessa caixa, pode-se alterar o comprimento de onda de 850 nm (faixa do infravermelho) até 100 nm (faixa do ultravioleta). Na caixa 3, pode-se alterar a d.d.p. do circuito externo. Esse parâmetro é importante para perceber o potencial de corte. Nessa caixa, pode-se alterar a d.d.p. externa de -8,00 V até +8,00V. A caixa 4 representa o botão pausar e continuar a simulação. Esse botão é importante para professores que estão simulando com os alunos, e durante a explicação precisam pausar o experimento virtual para conversar sobre algum conceito. Ainda nessa caixa tem um botão de continuar apenas um intervalo de tempo.

A caixa 5 representa o material da placa que se quer arrancar os elétrons. Nessa caixa, pode-se escolher: Sódio, zinco, cobre, platina, cálcio e o magnésio. E por fim, a caixa 6 apresenta algumas opções de gráficos para o próprio simulador mostrar ao operante. Pode-se inserir os gráficos: Corrente x Tensão; Corrente x Intensidade da luz; Energia do elétron x Frequência da luz.

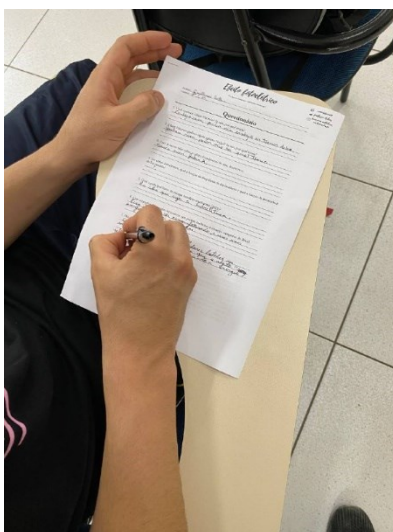
## 4 ANÁLISE E DISCUSSÃO

### 4.1 Relato de experiência

Neste ano de 2021, devido à pandemia do COVID-19, as aulas eram realizadas de maneira híbrida, ou seja, havia alunos na sala presencialmente e alunos em casa via plataforma *Google Meet*. A implementação desse produto educacional aconteceu no período regular de aulas, segundas e quintas feiras a última aula da manhã.

Os conteúdos estão de acordo com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Com o objetivo de identificar conhecimentos prévios dos alunos foi aplicado um questionário inicial, presente no apêndice B deste trabalho, na aula 01. O questionário foi aplicado aos alunos que estavam presencialmente na aula e também aos alunos que estavam remotos. Os alunos tiveram quarenta minutos para responder as questões. Após o término do questionário alguns relataram experiências com energia solar, pois já tinham placas solares em suas residências, mas não sabiam ao certo como funcionavam. Outros alunos relataram que assistiam vídeos no *youtube* sobre ciência, então já tinham ouvido falar de Albert Einstein e também sobre o efeito fotoelétrico, mas não sabiam ao certo por qual teoria ele ganhou um Prêmio Nobel. A Figura 5 mostra um aluno respondendo ao questionário.

**Figura 9 – Aluno respondendo ao questionário inicial.**



Fonte: Autoria própria (2022).

Como existia um planejamento escolar, para a implementação desse produto educacional foi reduzido de dez aulas para seis aulas, para não atrasar outros conteúdos, visto que a instituição na qual o produto foi aplicado é privada, e seu foco é nos concursos vestibulares. Assim as aulas 02 e 03 previstas no quadro 2, foram realizadas em apenas uma aula. Nessa aula foi revisado com os alunos os conceitos, entendidos como pré-requisito, de ondas e circuitos elétricos importantes para o entendimento do efeito fotoelétrico. Nessa aula foi bastante enfatizada a relação da interação de elétrons com campo elétrico e também como é a propagação de uma onda eletromagnética (luz). Ao final da aula uma das alunas chegou a mim e disse:

“Eu entendi mais na revisão do que no ano todo” (Aluno 1).

Percebe-se pela fala da aluna que só de mudar o ritmo e “jeito” da aula, os alunos se interessam mais, logo, conseguem aprender com mais facilidade.

No terceiro encontro, que de acordo com o Quadro 2 é a aula 04, foi apresentado aos alunos o efeito fotoelétrico visto pela mecânica clássica, ou seja, sem os conceitos da mecânica quântica. Foi mostrado que o efeito em si não viola nenhuma lei da física clássica, mas que havia alguns “pequenos” problemas que não eram explicados por ela. Essa aula em si foi muito interessante, pois os alunos participaram bastante, foi gerado bastante curiosidade do porquê a ejeção dos elétrons dependia da frequência e não da intensidade, pois na revisão havíamos falado que a energia da onda é diretamente a sua intensidade. Durante a explicação um dos alunos levantou a mão e perguntou:

“Professor, mas se aumentar a intensidade não aumenta a energia da luz? Daí era para sair os elétrons né?!” (Aluno 4).

O aluno 4 é um dos mais engajado na disciplina. Percebe-se pela pergunta que a sequência proposta gera mesmo a curiosidade do aluno e o prende mais para total atenção nas explicações.

No quarto encontro, que de acordo com o Quadro 1 é a aula 05, foi mostrado aos alunos as soluções propostas por Albert Einstein para a resolução dos problemas enfrentados pela física clássica para a explicação total do efeito fotoelétrico. Foi mostrado aos alunos a “nova” teoria para a luz. Essa aula também teve muita participação dos alunos, pois houve uma quebra de expectativa na sequência sobre a luz, nas primeiras aulas os alunos tinham certeza sobre o que era a luz e agora tem uma nova teoria sobre ela. E é exatamente nesse ponto que foi apresentado aos alunos a “nova” física, a física moderna. No fim dessa aula os alunos receberam o material digital do efeito fotoelétrico e agora eles poderiam revisar conceitos importantes vistos em aulas, aprofundar mais em alguns conceitos ou até mesmo conhecer a bibliografia de cientistas que participaram desse tema.

“Caramba, professor! Que ebook maneiro, por que não tem das outras matérias?” (Aluno 5).

Os alunos acharam muito prático o material contendo o resumo da matéria e links para se aprofundar. Um dos alunos comentou sobre as redes sociais:

“Professor, faz um vídeo no tiktok, vai bombar” (Aluno 14).

Por viverem em uma época em que basicamente tudo se resume em quinze segundos, textos práticos e curtos sobre temas são bastante importantes para chamar a atenção deles. E os links servem para caso sintam necessidade ou tenham curiosidade sobre algum tema é só entrar e se aprofundar.

No quinto encontro, foram feitas as experiências previstas pelo Quadro 1 nas aulas 06 e 07. Foi levado para a sala de aula eletroscópios caseiros, lâmpadas de luz negra, canudos de plástico e balões de ar. Os alunos fizeram a eletrização por atrito e eletrizaram o eletroscópio e depois tentaram neutralizá-lo utilizando a lâmpada de luz negra. Nessa aula foi passado o vídeo de como é feito esse processo, mas na experiência não conseguimos realizar o efeito fotoelétrico, o que também gerou bastante discussão com os alunos, eles falavam os motivos de não estar dando certo. Nessa aula também foram feitas simulações utilizando o *Phet Colorado*. Íamos alterando frequência da luz e

material da placa metálica para fazer comparações enquanto se iniciava a ejeção dos elétrons. Os alunos relataram que gostaram bastante dessa aula, pois viram na prática o efeito fotoelétrico acontecendo (vídeo) e não acontecendo (experiência). No material digital que alunos receberam no encontro anterior têm linkados as simulações e vídeos sobre as experiências as quais os mesmos podem clicar e assistir a qualquer instante, na aula foi passado no projetor para facilitar o acesso a todos. A Figura 6 mostra os alunos realizando as experiências.

**Figura 10 – Alunos realizando experiências.**



**Fonte: Autoria própria (2022).**

Esse foi o encontro com maior participação dos alunos. Eles se divertiram muito eletrizando o eletroscópio e esfregando bexiga na cabeça. Quando fomos colocar a lâmpada de luz negra para ocorrer o efeito fotoelétrico não ocorreu a neutralização do eletroscópio, ou seja, não conseguimos arrancar elétrons. Foi mostrado um vídeo de autoria própria aos alunos, mostrando o efeito

acontecendo. E com isso, os próprios alunos chegaram a conclusões do porquê o nosso não tinha dado certo.

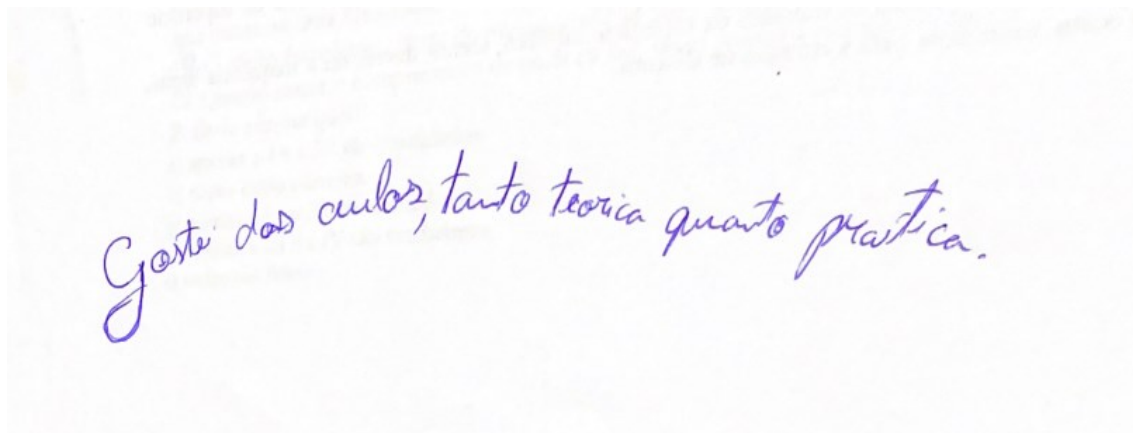
“Professor, será que essa lâmpada não tem a frequência necessária”?  
(Aluno 4).

“Eu acho que é por causa dessa bolinha de alumínio, se fosse a plaquinha igual à do vídeo teria dado certo” (Aluno 1).

Foi feito também com eles as simulações no site da *Phet Colorado*. Neste site íamos trocando a frequência da luz e também os materiais onde ela incidia. Conseguimos perceber a relação de frequência e intensidade no efeito fotoelétrico.

No sexto encontro, foi finalizada a aplicação do produto educacional, rapidamente foi apresentado aos alunos o formalismo matemático do efeito fotoelétrico, previsto na aula 08, utilizando o próprio material digital que eles receberam e também foi apresentada as aplicações tecnológicas do tema, previsto na aula 09. Nesse mesmo encontro foi finalizado com a aplicação do questionário, mesmo que o inicial, a fim de comparação. Os alunos não podiam utilizar o material digital enquanto refaziam o questionário. Como era a última aula da manhã, eles puderam estender um pouco mais para finalizar as questões. Nesse encontro pedi aos alunos que deixassem um comentário dizendo o que eles acharam sobre a sequência proposta. Escreveram no próprio questionário.

**Figura 11 - Relato do aluno 1.**



**Fonte: Aluno 1 (2021).**



Figura 12 - Relato do aluno 2.

A photograph of a handwritten note on lined paper. The text is written in black ink and reads: "Gostei mas acho que deveria ter mais vezes :)".

Fonte: Aluno 2 (2021).

Figura 13 - Relato do aluno 3.

A photograph of a handwritten note on lined paper. The text is written in black ink and reads: "Eu gostei da experiência, porém tenho dificuldade em aprender física. Dessa forma mais dinâmica, entendi melhor o conteúdo. Quero mais!".

Fonte: Aluno 3 (2021).

Figura 14 - Relato do aluno 4.

A photograph of a handwritten note on lined paper. The text is written in black ink and reads: "Gostei da experiência, através dela pudemos ver como uma experiência prática pode melhorar nosso entendimento do conteúdo".

Fonte: Aluno 4 (2021).

Figura 15 - Relato do aluno 5.

nunca tinha visto isso na minha  
 achei muito legal.  
 Tmj PROFESSOR ♡  
 é nois

Fonte: Aluno 5 (2021).

Figura 16 - Relato do aluno 6.

gostei do experimento, a gente tá sempre na mesma coisa,  
 foi bom mudar um pouco pra variar.  
 QUANDO VAI TER DIV? ☺

Fonte: Aluno 6 (2021).

Figura 17 - Relato do aluno 8.

Gostei e quero mais (faltou a do CD)

Fonte: Aluno 8 (2021).

Figura 18 - Relato do aluno 9.

gostei da experiência, acho mais fácil de entender de forma prática, traz mais experiências :)

Fonte: Aluno 9 (2021).

Figura 19 - Relato do aluno 10.

o gostei da experiência, achei interessante a parte dos beijos e do luz mega (faltava o CD), quero mais

Fonte: Aluno 10 (2021).

Figura 20 - Relato do aluno 11.

Professor, gostei muito da matéria, da sua explicação e das experiências que fizemos, parabéns! TMT

Fonte: Aluno 11 (2021).

Figura 21 - Relato do aluno 12.

A experiência foi divertida, o problema foi o conudo

Fonte: Aluno 12 (2021).

Figura 22 - Relato do aluno 13.

Achei bem interessante, essa experiência poderia ser realizada mais vezes.

Fonte: Aluno 13 (2021).

Figura 23 - Relato do aluno 14.

No geral os alunos foram legais e o conteúdo apesar de complexo de forma descontraída foi bem explicado, mas a experiência foi menor do que esperava.

Fonte: Aluno 14 (2021).

## 4.2 Resultado dos questionários inicial e final

No primeiro encontro com os alunos, foi entregue um questionário inicial, contendo sete questões dissertativas e nove questões de múltipla escolha com intuito de verificar conhecimentos prévios dos participantes. Nas questões dissertativas havia perguntas interdisciplinares como por exemplo: “Qual a principal fonte de energia brasileira atualmente (2021)?”. Já nas questões de múltipla escolha havia perguntas mais específicas sobre o efeito fotoelétrico. Abaixo segue a sequência de questões dissertativas com o comparativo entre antes da sequência proposta e depois da mesma. Para a primeira questão temos a pergunta: “Você conhece Albert Einstein? Se sim, por qual teoria?”. As respostas obtidas antes e depois da aplicação da sequência estão no Quadro 3.

**Quadro 3 – Resposta inicial e final dos alunos, questão 1: “Você conhece Albert Einstein? Se sim, por qual teoria?”**

Aluno	Resposta inicial	Resposta final
1	Sim, pela teoria da relatividade	Pela teoria da relatividade
2	Sim, mas não por alguma teoria	Sim, pela teoria do efeito fotoelétrico
3	Sim, pela teoria dos elétrons	Sim, pela teoria do efeito fotoelétrico
4	Sim, mas não me lembro das teorias	Sim, efeito fotoelétrico
5	Conheço sim, porém não conheço as teorias dele	Sim, pela relatividade
6	Sim, conheço Einstein como a ciência em si, não conheço nenhuma teoria.	Sim, pelo efeito fotoelétrico
7	Sim, mas não recordo	Sim, pela relatividade

8	sim, porém não lembro da teoria	Sim, efeito fotoelétrico
9	Conheço	Sem, pela teoria do efeito fotoelétrico
10	Sim, porém não sei suas teorias	Sim, pela teoria da relatividade
11	Sim, mas não por uma teoria	Sim, o efeito fotoelétrico
12	Sim, porém eu não cheguei a conhecer ele por meio de uma teoria	Sim, pela teoria da relatividade
13	Sim, pela teoria da relatividade	Sim, pela teoria da relatividade geral
14	Sim, pela teoria da relatividade, pela fórmula $E=mc^2$ e pelas frases boas	Sim, teoria da relatividade e efeito fotoelétrico

Fonte: Autoria própria (2022).

Nessa questão é possível observar que a maioria dos alunos no início conheciam Albert Einstein, mas não por alguma teoria, e sim por apenas ter ouvido comentários sobre o mesmo. E após a sequência de aulas 100% dos alunos conhecem o efeito fotoelétrico e ainda alguns outros também a teoria da relatividade, assim concluiu que a aplicação das aulas fez com que os alunos entendessem o porquê esse físico é um dos mais conhecidos da história da física. Após a aplicação do primeiro questionário alguns alunos disseram:

“Professor, me senti mal, conheço um dos maiores nomes da física, mas não sei por que eu conheço” (Aluno 4).

“Professor, eu assisti um vídeo sobre a relatividade esses dias atrás... não entendi nada” (Aluno 14).

Na segunda questão a pergunta era: “Albert Einstein ganhou algum prêmio Nobel? Se sim, por qual teoria?”. As respostas antes e depois da aplicação da sequência estão no Quadro 4.

**Quadro 4 - Resposta inicial e final dos alunos, questão 2: “Albert Einstein ganhou algum prêmio Nobel? Se sim, por qual teoria?”.**

Aluno	Resposta inicial	Resposta final
1	Sim, não me recordo corretamente	Ele ganhou por causa do efeito fotoelétrico

2	Sim	Sim, ganhou pela teoria do efeito fotoelétrico
3	Sim, não sei	Sim, da física
4	Sim, mas não me lembro por qual teoria	Ganhou, pela teoria do efeito fotoelétrico
5	Ganhou sim, porém não sei qual teoria	Sim, fotoelétrico
6	Não sei	Sim, pelo efeito fotoelétrico
7	Sim, porém não sei qual teoria	Sim, fotoelétrico
8	Acho que sim, porém não sei a teoria	sim, pela teoria fotoelétrico
9	Sim	Sim, pela teoria do efeito fotoelétrico
10	Acredito que sim	Sim, com a teoria do fotoelétrico
11	Eu não sei se ele ganhou algum prêmio Nobel	Sim, teoria do efeito fotoelétrico
12	Ele já chegou a ganhar alguns, mas eu infelizmente não me lembro por qual teoria	Sim, pela sua teoria de soluções do efeito fotoelétrico
13	Sim, pela teoria da relatividade geral	Sim, pela teoria que diz que a luz também é feita de partículas, sendo elas os fótons
14	Sim, teoria da relatividade	Sim, pela teoria do efeito fotoelétrico - luz como partículas

Fonte: Autoria própria (2022).

Nessa questão é possível observar que nenhum dos alunos sabia a informação completa, ou seja, se havia ganhado um Prêmio Nobel e por qual teoria. Essa questão, claro que é um complemento da primeira, mas envolve muito a parte interdisciplinar da física com a história, em saber nomes importantes e porque são importantes. Essa confusão é bem comum entre qual teoria que Einstein ganhou o Prêmio Nobel, sendo que grande parte das vezes os alunos pensam que foi pela relatividade. Podemos concluir que com a aplicação da sequência proposta, todos os alunos entenderam por qual teoria esse físico ganhou esse prêmio tão importante. Ao término a aplicação do último questionário um dos alunos disse:

“Professor, eu nunca tinha ouvido falar sobre o efeito fotoelétrico e agora sei o porquê ele é tão importante e porque rendeu um Prêmio Nobel ao Einstein” (Aluno 6).

Na terceira questão a pergunta era: “Você já ouviu falar sobre o efeito fotoelétrico? Se sim, descreva-o”. As respostas antes e depois da aplicação da sequência estão no Quadro 5.

**Quadro 5 - Resposta inicial e final dos alunos, questão 3: “Você já ouviu falar sobre o efeito fotoelétrico? Se sim, descreva-o”.**

<b>Aluno</b>	<b>Resposta inicial</b>	<b>Resposta final</b>
1		O efeito fotoelétrico diz que a frequência é o que define se os elétrons irão ser arrancados de um material e nessa teoria surge os fótons
2	Sim, mas não sei descrever	Se trata da ejeção de elétrons usado para produzir energia elétrica
3	Sim, por conta da teoria dos elétrons de Albert	Sim, os elétrons se transformam em fótons
4	Já ouvi falar, pelo que me lembro trata-se da transformação de luz em energia elétrica	Sim, consiste em produzir energia através de luz, os fótons retiram os elétrons de uma placa feita preferencialmente de metal
5	Nunca ouvi falar	Sim a luz é um tipo de onda eletromagnética
6	Não	Sim é um fenômeno que estuda a luz estudando suas características, intensidade e frequência (cor)
7	Não	Sim a luz é um tipo de onda eletromagnética
8	Não	Sim
9	Não	Sim, é a ejeção de elétrons da superfície de algo iluminado que é exposta a uma fonte luminosa de certa frequência
10	Não	Sim, é a ejeção de elétrons em algum material iluminado, formando uma frequência
11	Não, nunca ouvi falar	Sim, emissão de elétrons em algo, os fotoelétrons
12	Desculpa, eu não cheguei a ver sobre esse conteúdo	Sim, é onde a luz é formada por pacotes de energia chamados de fótons
13	Sim, é o feito da luz sobre os elétrons de um metal. A luz faz com que os elétrons se excitam	Sim é quando a luz incidente faz com que os elétrons do material sejam emitidos
14	Sim, geração de eletricidade a partir da luz	Sim a luz incidente sobre uma placa de metal é capaz de arrancar elétrons se estiver com uma frequência mínima

Fonte: Autoria própria (2022).

Nessa questão é possível observar que 64% dos alunos não sabiam do que se tratava o efeito fotoelétrico. Após as atividades podemos observar que houve uma evolução dos alunos em relação ao tema, mas ainda alguns não sanaram todos os conceitos errados, por exemplo, o aluno 3 entendeu que o efeito fotoelétrico se trata de fótons e elétrons, mas escreveu que ocorre uma transformação de um em outro, o que é errado. Assim como o aluno 5 e o aluno 7 escreveram a teoria anterior ao efeito fotoelétrico da luz. Após realizar as correções, os alunos receberam as atividades e foram apontados alguns erros que aconteceram nas respostas. Alguns alunos falaram a respeito dos erros:

“Professor, eu usei a palavra errada, agora lembrei que era os fótons que arrancavam os elétrons e não transformavam né?!” (Aluno 3).

“Professor, eu confundi mesmo” (Aluno 7).

“Professor, fiquei com preguiça de descrever o efeito fotoelétrico, mas entendi o que é ele sim” (Aluno 8).

Na quarta questão a pergunta era: “No efeito fotoelétrico, qual a função da frequência da luz incidente e qual a função da intensidade da luz emitida?”. As respostas antes e depois da aplicação da sequência estão no Quadro 6.

**Quadro 6 - Resposta inicial e final dos alunos, questão 4; “No efeito fotoelétrico, qual a função da frequência da luz incidente e qual a função da intensidade da luz emitida?”.**

Aluno	Resposta inicial	Resposta final
1		Frequência: velocidade e se vai sair os elétrons; Intensidade: Quantidade de elétrons
2	Não sei	Determinam a frequência da luz e sua intensidade
3	Não sei	Quando a frequência da luz incidente for menor que a limite nenhum elétron sai
4	Não me lembro	A frequência influencia na velocidade em que os elétrons saem, já a intensidade influencia na quantidade de elétrons que saem.
5	?	A freq. Da luz incidente é para a ejeção de elétrons, a intensidade é quantos elétrons saem independentemente da velocidade
6	Não sei	Frequência: cor da luz; Intensidade: é a intensidade da luz



7	Frequência: Quantas vezes essa luz está sendo emitida; Intensidade: Qual a força que essa luz está sendo emitida.	A freq. Da luz incidente é para a ejeção de elétrons, a intensidade é quantos elétrons saem independentemente da velocidade
8	Não sei	f - energia - velocidade; I - Quantidade - +elétrons
9	Não sei	Elas determinam a frequência da luz e a sua intensidade o que vai determinar quantos elétrons serão gerados sendo menos ou mais
10	Não conheço o efeito	frequência - energia - velocidade; I - Quantização - mais elétrons
11	Ainda não sei sobre isso	
12	Eu não sei o que é efeito fotoelétrico, sinto muito	Não sei
13	Não tenho certeza, mas acho que a intensidade interfere no número de elétrons emitidos	A frequência da luz representa a cor e altera a energia de emissão dos elétrons, enquanto a intensidade representa a quantidade de luz incidente
14	Quanto mais frequência, mais amperes, quanto maior a intensidade, mais volts. Quanto maior a frequência, mais energética é a onda eletromagnética. Quanto maior a frequência, mais "forte" é a energia gerada	Frequência está relacionada a energia, quanto maior a frequência, maior a energia, maior a velocidade dos elétrons arrancados. Intensidade está relacionada a quantidade de fótons e a quantidade de elétrons arrancados.

Fonte: Autoria própria (2022).

Nessa questão, antes da aplicação da sequência, como a maioria dos alunos não sabiam o que era o efeito fotoelétrico, conseqüentemente não conseguiram responder. Após a aplicação da sequência podemos perceber que 64% dos alunos entenderam a relação de frequência e intensidade nesse tema. Mas também percebemos que tiveram alunos que não responderam essa questão e também outros que só “copiaram” o enunciado para ter respondido alguma coisa. Alguns alunos relataram sobre essa questão:

“Professor, lembrei do simulador para responder à questão 4” (Aluno 4).

“Professor, não consegui responder à questão 4” (Aluno 11).

Na quinta questão a pergunta era: “Qual a principal fonte de energia brasileira atualmente? (2021)”. As respostas antes e depois da aplicação da sequência estão no Quadro 7.

**Quadro 7 - Resposta inicial e final dos alunos, questão 5; “Qual a principal fonte de energia brasileira atualmente? (2021)”.**

<b>Aluno</b>	<b>Resposta inicial</b>	<b>Resposta final</b>
1	São as hidrelétricas.	São as hidrelétricas.
2	Hidrelétrica	Hidrelétrica
3	Hidrelétrica	Hidrelétrica
4	Hidrelétrica	Hidrelétrica
5	Eu acho que seja a hidrelétrica	Hidrelétrica
6	Hidrelétrica	Hidrelétrica
7	Hidrelétrica	Hidrelétrica, solar
8	Energia hidrelétrica	Hidrelétrica
9	Hidrelétrica	Energia hidrelétrica
10	A principal fonte de energia brasileira é hidrelétrica	A principal fonte de energia brasileira é hidrelétrica
11	Hidrelétrica	Hidrelétrica
12	É a energia hidrelétrica	Hidrelétrica
13	Rios que apresentam decaídas (cachoeiras) - hidrelétricas	Hídrica
14	Hidrelétrica	Hidrelétrica

Fonte: Autoria própria (2022).

Nessa questão podemos perceber que todos os alunos já sabiam da principal fonte de energia do Brasil. Como esse tema é visto em outras disciplinas como, por exemplo, geografia e redação, então era uma informação já vista por eles algumas vezes ao longo do ensino médio. Os alunos chegaram a comentar que haviam feito redação sobre o tema de energia no Brasil há pouco tempo, o que ajudou na resposta das questões 5 e 6.

Na sexta questão a pergunta era: “Cite exemplos de energia renováveis que pode melhorar a situação energética do Brasil”. As respostas antes e depois da aplicação da sequência estão no Quadro 8.

**Quadro 8 - Resposta inicial e final dos alunos, questão 6: “Qual a principal fonte de energia brasileira atualmente? (2021)”.**

<b>Aluno</b>	<b>Resposta inicial</b>	<b>Resposta final</b>
1	Eólica, marítima, solar.	Eólica, marítima, solar.

2	Energia Solar e energia eólica	Solar e Eólica
3	Energia Solar	Energia Eólica e Solar
4	A energia eólica e a solar poderiam ajudar (principalmente a solar)	Energia Solar
5	Lixo eletrônico ser remanufaturado e usar suas energias para ser renovadas. Hidrelétricas, reutilizar as energias da água.	Energia Solar
6	Energia eólica, hidrelétrica e energia solar	Eólica, solar e biomassa
7	Eólica, solar	Hidrelétrica, solar
8	Energia solar, energia eólica, energia nuclear	Solar, eólica, hidrelétrica
9	Eólica	Hídrica, solar e eólica
10	Energia Solar e energia eólica	Eólica, solar e hidrelétrica
11	Solar e eólica	Energia eólica, solar e hidrelétrica
12	Alguns exemplos de energias seriam a eólica, tem a energia radioativa, porém eu não me lembro se ela é um tipo de energia renovável	Eólica
13	Energia solar e eólica	Solar e eólica
14	Hidrelétricas, eólica, solar, maremotriz	Energia eólica, solar, marítima e hidrelétrica

Fonte: Autoria própria (2022).

Nessa questão podemos perceber que basicamente todos os alunos citaram as energias eólica e solar como fonte alternativa de energia. Após a sequência basicamente 93% dos alunos utilizaram a energia solar como fonte alternativa. Como já haviam feito redação sobre esse tema, então basicamente todos sabiam exemplos de energias renováveis.

Na sétima e última questão dissertativa, a pergunta era: “Descreva como funciona a captação de energia solar”. As respostas antes e depois da aplicação da sequência estão no Quadro 9.

**Quadro 9 - Resposta inicial e final dos alunos, questão 7: “Descreva como funciona a captação de energia solar”.**

Aluno	Resposta inicial	Resposta final
1	As placas captam a luz solar e as converte em eletricidade.	As placas solares ao receberem a luz ultravioleta do Sol sofrem movimentos nos elétrons e isso gera energia

2		Ocorre quando painéis solares recebem a energia do Sol, que converte em energia elétrica
3	A energia é captada e armazenada	
4	A captação ocorre através de "placas" que absorvem a luz solar, para que após isso ela seja transformada em energia elétrica.	Os fótons enviados pelo Sol retiram os elétrons do painel, assim gerando energia.
5	A meu ver pelos raios solares batidos na superfície do objeto faz com que o objeto "puxe" esses raios formando energia	Ocorre quando os painéis solares recebem a luz do sol que é convertida pelo inversor solar gerando energia elétrica para a utilização em sua residência ou empreendimento.
6	Ela capta os raios solares e armazena para quando for usar	Os painéis solares recebem a luz do Sol que é convertida pelo inversor solar gerando energia
7	Absorve a energia solar e transforma em energia elétrica	Recebe energia do sol, absorve e transforma em energia
8	Por placas solares	
9	através dos raios solares, os é atuam e se "energizam" com isso a placa solar que capta os raios aquece, assim esse aquecimento se liga por ex. a uma torneira, então a torneira recebe o calor	Ocorre quando painéis solares recebem a luz do Sol, que converte pelo inversor solar em energia
10	A energia solar ocorre através da captação "dos raios solares" transformando em energia, assim fazendo com que as casas, empresas fiquem com uma reserva de energia para utilizar	Funciona pela captação de energia dos raios solares assim gerando uma reserva de energia
11	Ainda não sei, ou não estou lembrando	Ocorre quando os painéis recebem a luz do sol, gerando energia elétrica
12	Eu não sei como descrever, sinto muito	Não me lembro
13	Acredito que as placas solares consigam absorver os fótons emitidos e transforma-os em energia elétrica	A luz permite a emissão dos elétrons presentes nas placas solares o que vai gerar uma corrente elétrica
14	Algum material capta os fótons na forma de elétrons	A luz incide sobre uma placa de metal, retirando elétrons dela, esses elétrons

	e transforma para um condutor	são atraídos por outro material, gerando uma corrente elétrica.
--	-------------------------------	-----------------------------------------------------------------

Fonte: Autoria própria (2022).

Nessa questão percebe-se uma evolução nas respostas dos alunos. Mas apenas 28% dos alunos descreveram como o processo de captação de luz solar funciona. Alguns escreveram basicamente que a energia é transformada, mas não descreveram como funciona, ou seja, não se atentaram ao comando da questão. Os alunos comentaram sobre essa questão na aplicação do primeiro questionário.

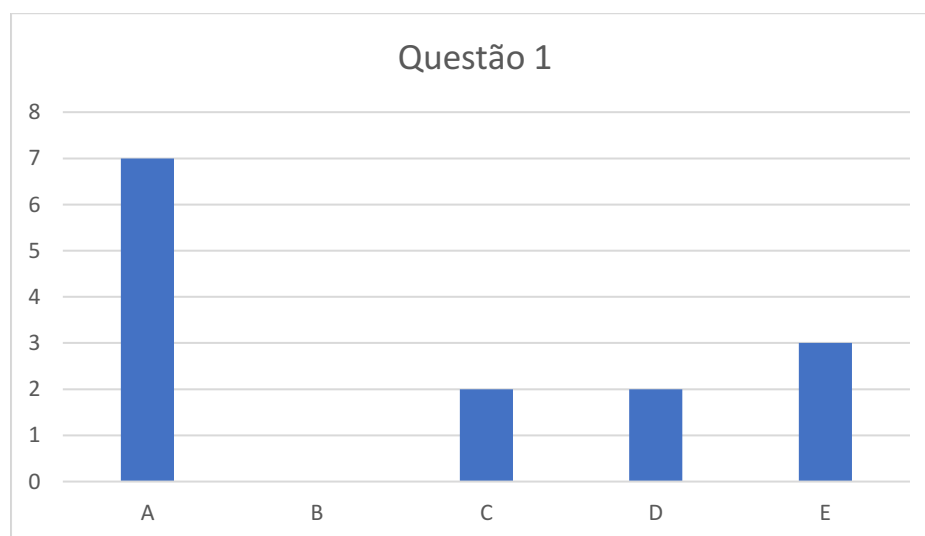
“Professor, meu pai colocou placas lá em casa. Eu sei que economiza energia, mas não sei como funciona” (Aluno 8).

“Professor, você acha que compensa colocar placa?” (Aluno 14).

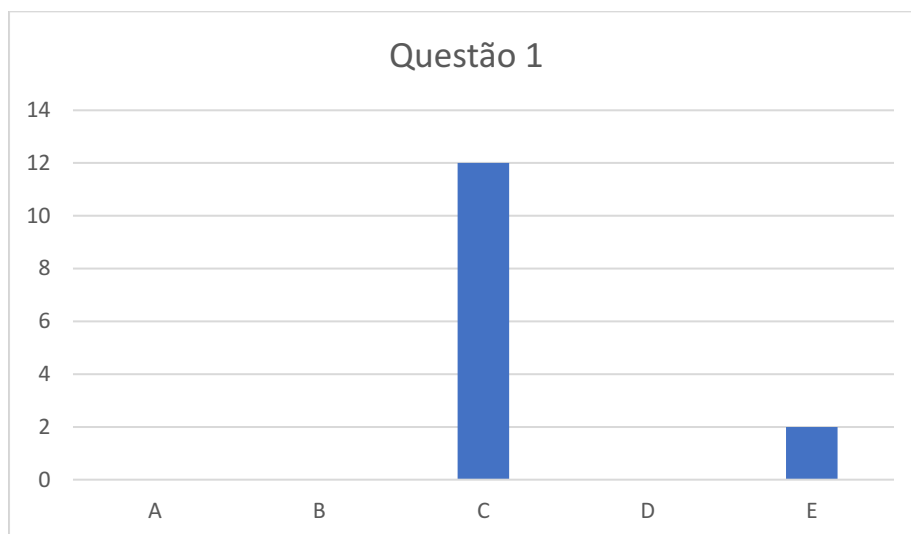
Comparando os questionários, percebemos que os alunos tiveram uma evolução significativa a respeito de conceitos sobre o efeito fotoelétrico. Claro, que sempre têm aqueles que se interessam menos pela matéria e explicação, mas de maneira geral os resultados foram ótimos.

Agora nas questões de múltipla escolha, temos os seguintes resultados. Começando a análise pela questão 1 do apêndice 2. A Figura 20 mostra as respostas iniciais dos alunos para essa questão e a Figura 21 as respostas finais.

Figura 24 – Resposta inicial da questão 1



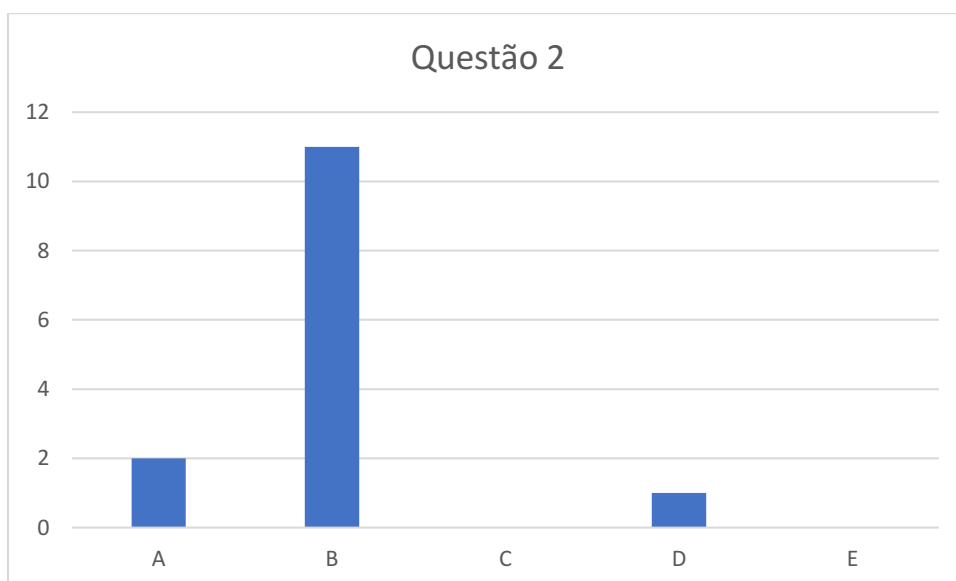
Fonte: Autoria própria (2022).

**Figura 25 - Resposta final da questão 1**

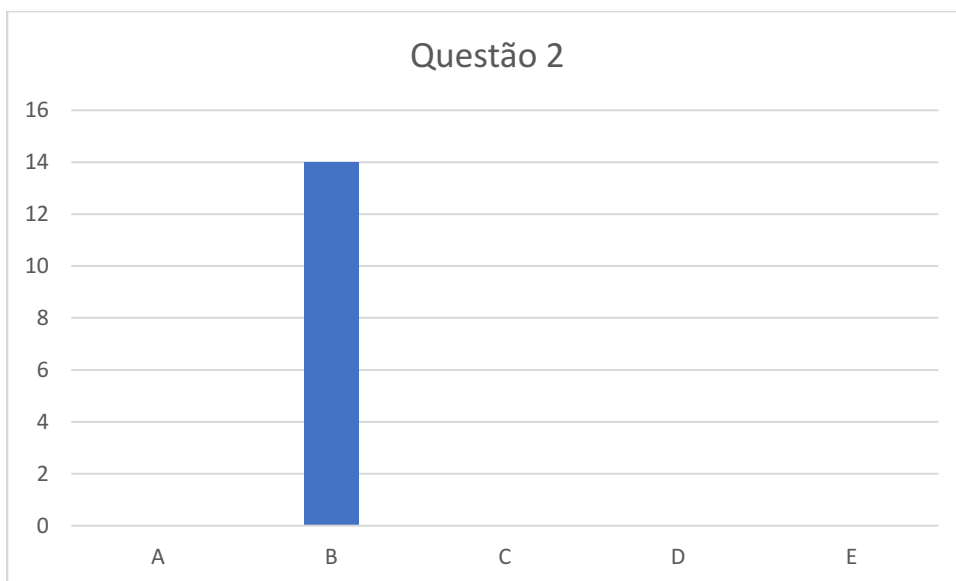
Fonte: Autoria própria (2022).

A alternativa correta nessa questão é a letra C. Percebe-se que houve uma evolução significativa nos acertos. Apenas dois alunos haviam acertado, ou seja, 14% dos alunos e após a sequência doze alunos acertaram a questão o que totaliza aproximadamente 86% dos alunos da turma.

Já na questão 2 do apêndice 2 temos os seguintes resultados, onde a Figura 22 mostra as respostas iniciais dos alunos e a Figura 23 as respostas finais dessa questão.

**Figura 26 - Resposta inicial da questão 2**

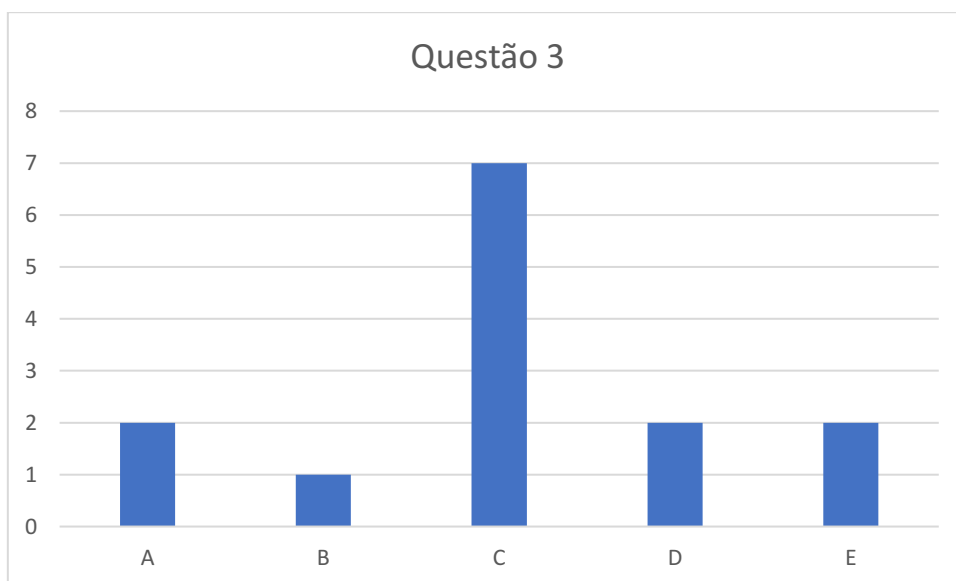
Fonte: Autoria própria (2022).

**Figura 27 - Resposta final da questão 2**

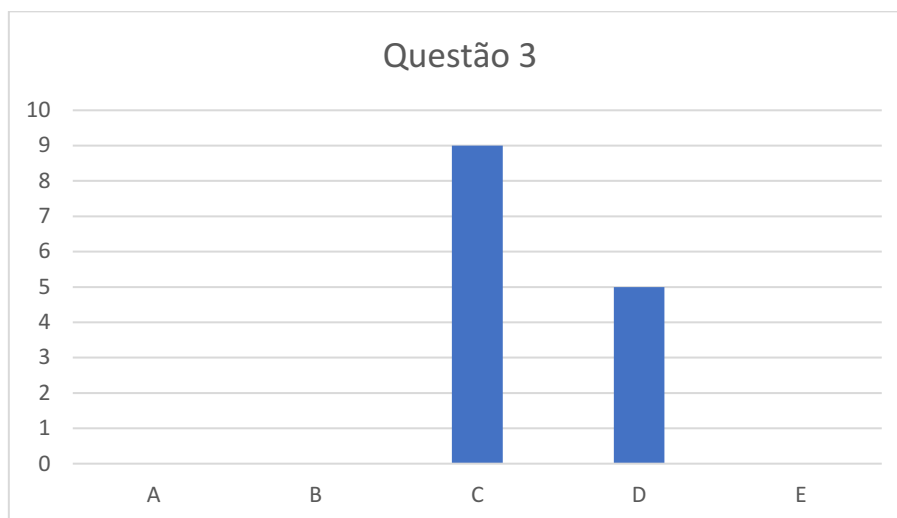
Fonte: Autoria própria (2022).

A alternativa correta nessa questão era a letra B. Percebe-se que todos os alunos, pós a sequência, acertaram a questão. Dessa forma o rendimento foi de 78% para 100%.

Já na questão 3 do apêndice 2 temos os seguintes resultados, a Figura 24 mostra as respostas iniciais dos alunos e a Figura 25 as respostas finais dessa questão.

**Figura 28 - Resposta inicial da questão 3**

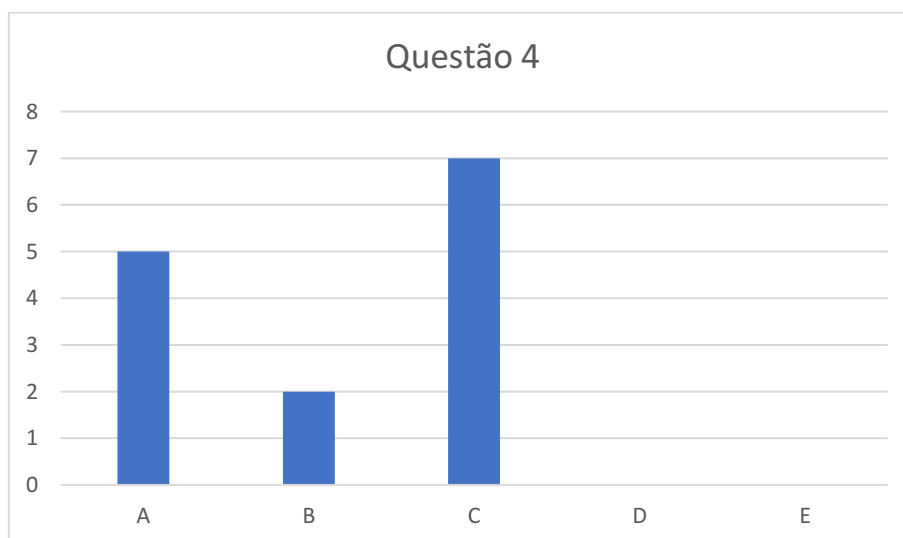
Fonte: Autoria própria (2022).

**Figura 29 - Resposta final da questão 3**

Fonte: Autoria própria (2022).

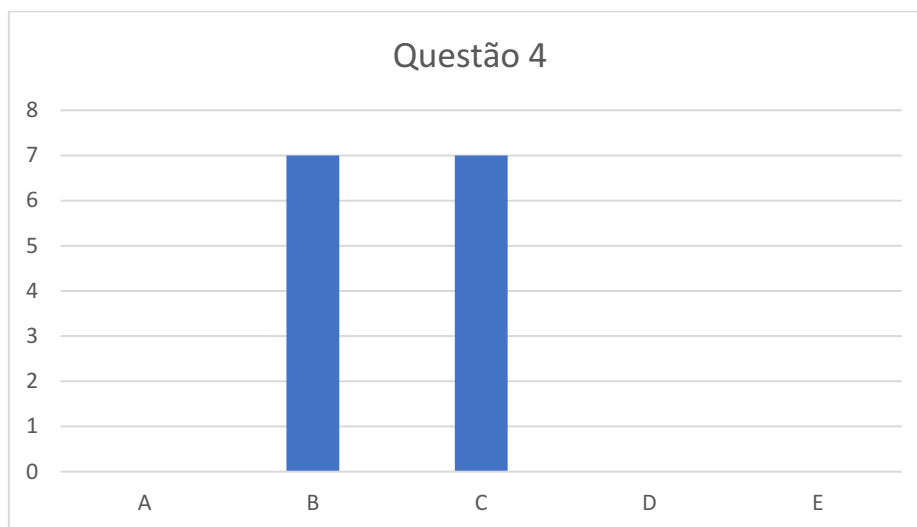
A alternativa correta nessa questão era a letra D. Percebe-se que houve uma evolução dos alunos que acertaram, de dois para cinco, ou seja, uma evolução percentual de 14% para 36%. Mas ainda não foi satisfatório o resultado dessa questão. Pode-se concluir que os alunos confundiram a relação de frequência e energia com intensidade e energia.

Já na questão 4 do apêndice 2 temos os seguintes resultados, a Figura 26 mostra as respostas iniciais dos alunos e a Figura 27 as respostas finais dessa questão.

**Figura 30 - Resposta inicial da questão 4**

Fonte: Autoria própria (2022).

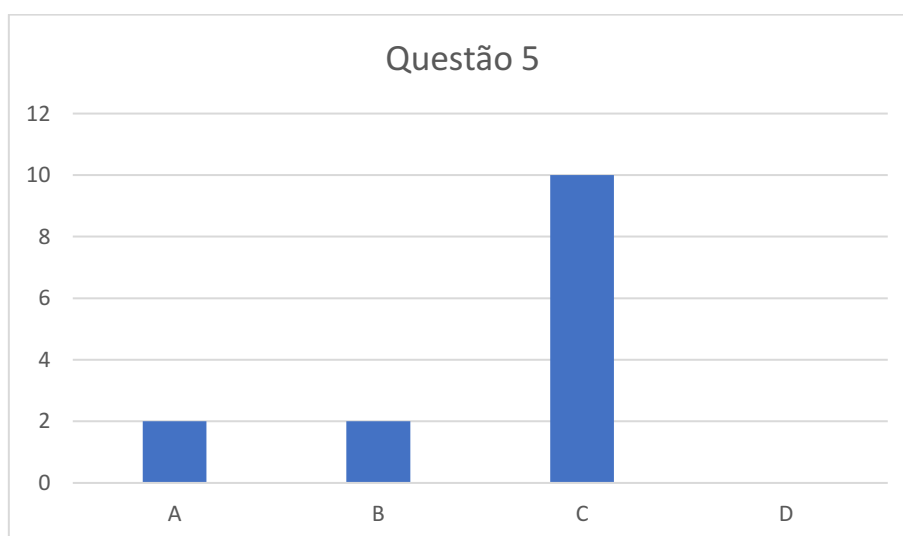


**Figura 31 - Resposta final da questão 4**

Fonte: Autoria própria (2022).

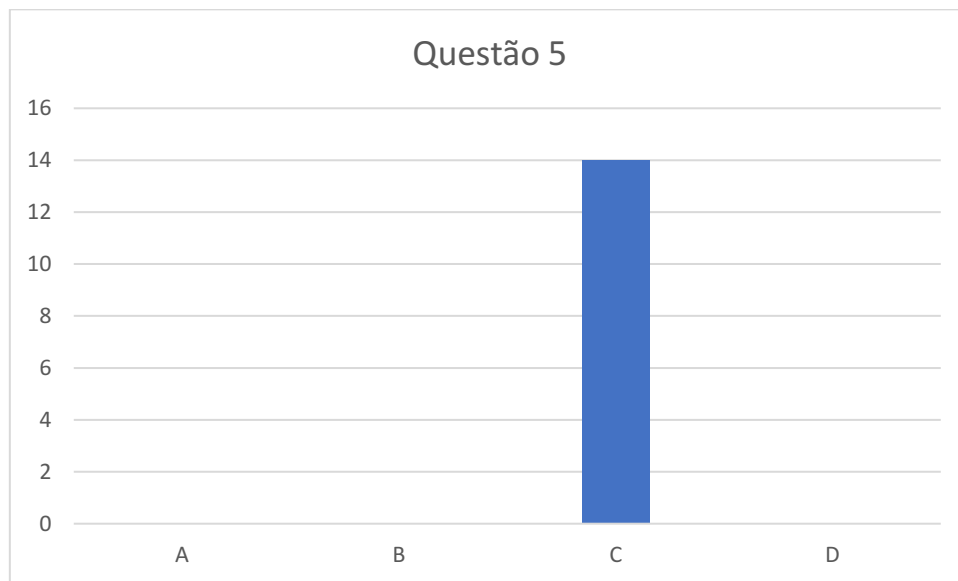
A alternativa correta nessa questão era a letra B. Percebe-se que houve uma evolução nos acertos, mas a turma ficou dividida entre a letra B e letra C. Os alunos podem ter ficado com dúvida a respeito da palavra fotocélula e também fazer a relação de comprimento de onda e energia do fóton. A evolução percentual de acertos para essa questão foi de 14% para 50%.

Já na questão 5 do apêndice 2 temos os seguintes resultados, a Figura 28 mostra as respostas iniciais dos alunos e a Figura 29 as respostas finais dessa questão.

**Figura 32 - Resposta inicial da questão 5**

Fonte: Autoria própria (2022).

**Figura 33 - Resposta final da questão 5**

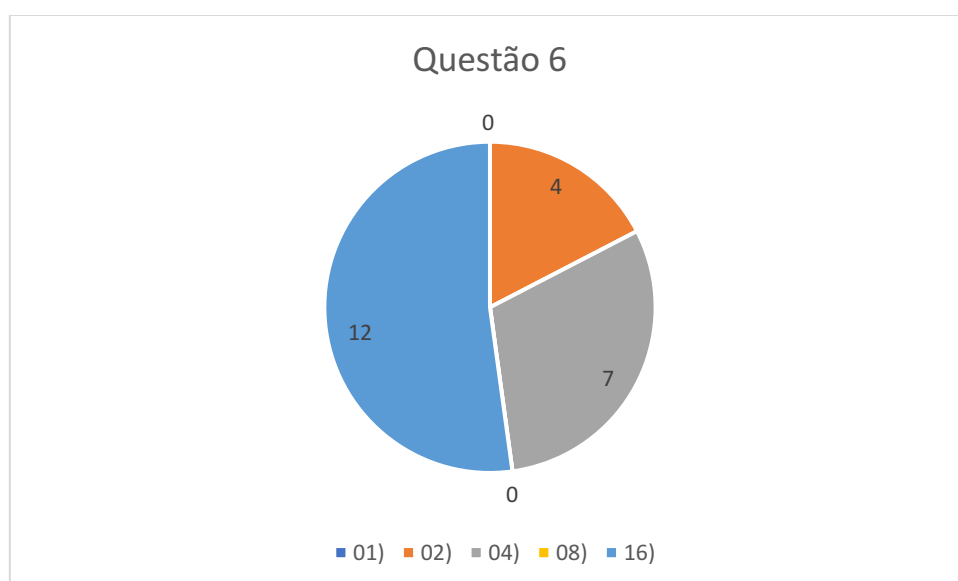


Fonte: Autoria própria (2022).

A alternativa correta nesse exercício era a letra C. Percebe-se que pós sequência todos os alunos acertaram a questão, ou seja, uma evolução de 71% para 100% dos acertos.

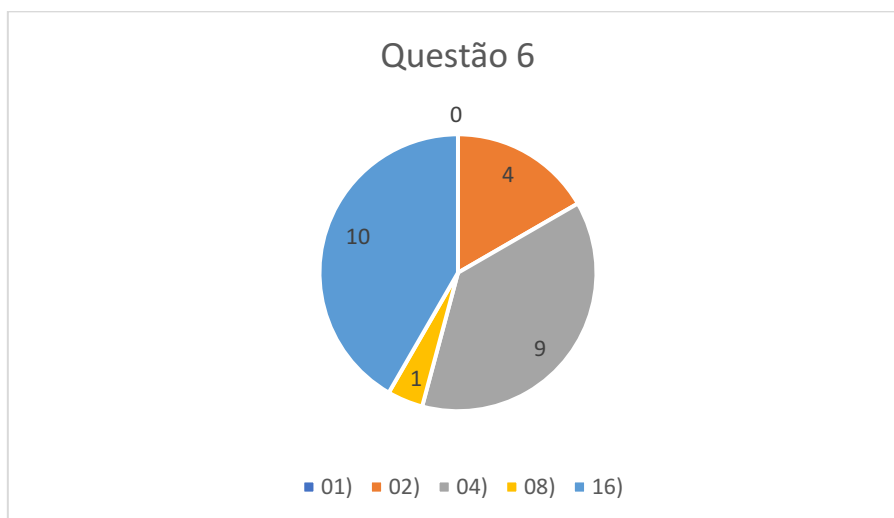
Já na questão 6 do apêndice 2 temos os seguintes resultados, a Figura 30 mostra as respostas iniciais dos alunos e a Figura 31 as respostas finais dessa questão.

**Figura 34 - Resposta inicial da questão 6**



Fonte: Autoria própria (2022).

**Figura 35 - Resposta final da questão 6**

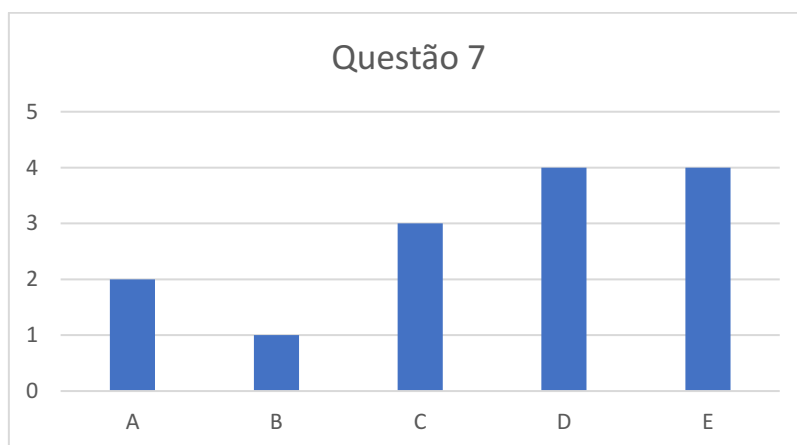


**Fonte: Autoria própria (2022).**

As alternativas corretas nessa questão eram a 04 e 16. No início tivemos 50% dos alunos assinalando à alternativa 04 e 86% assinalando a alternativa 16, esses percentuais passaram para 64% e 71% respectivamente. Já nas afirmativas falsas tivemos os percentuais de 0% para a assertiva 01, 28% para a assertiva 02 e 0% para a assertiva 08 no questionário inicial. Já no questionário final tivemos os percentuais 0%, 28 % e 7% para as assertivas 01, 02 e 08 respectivamente.

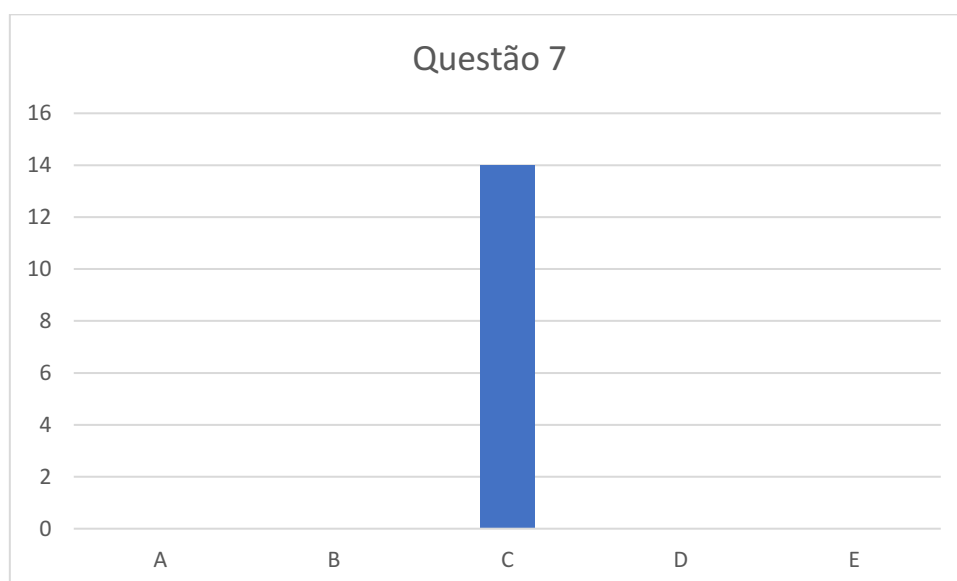
Já na questão 7 do apêndice 2 temos os seguintes resultados, a Figura 32 mostra as respostas iniciais dos alunos e a Figura 33 as respostas finais dessa questão.

**Figura 36 - Resposta inicial da questão 7**



**Fonte: Autoria própria (2022).**

**Figura 37 - Resposta final da questão 7**

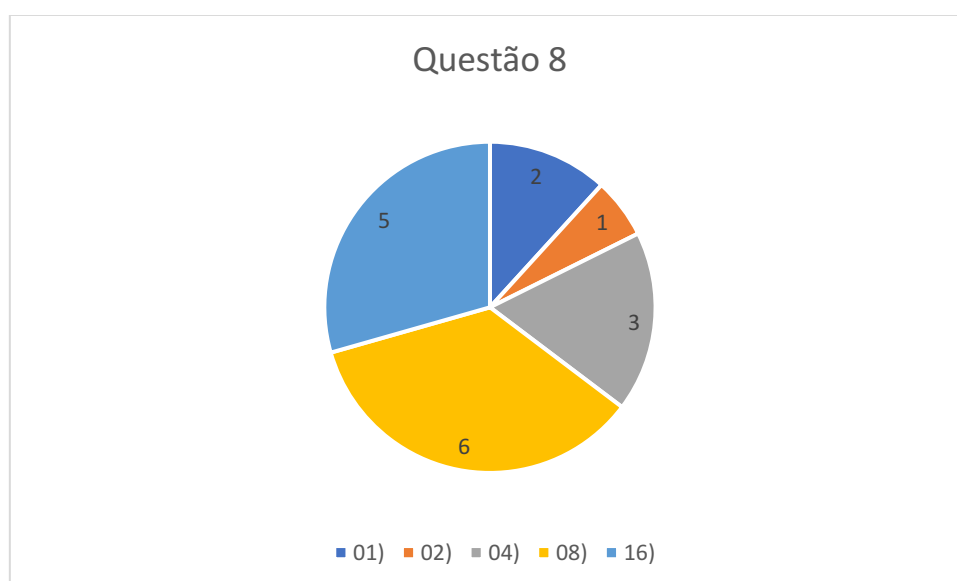


Fonte: Autoria própria (2022).

A alternativa correta nesse exercício era a letra C. Percebe-se que pós sequência todos os alunos acertaram a questão. A evolução percentual foi de 21% para 100%, ou seja, a maior evolução entre todos os exercícios.

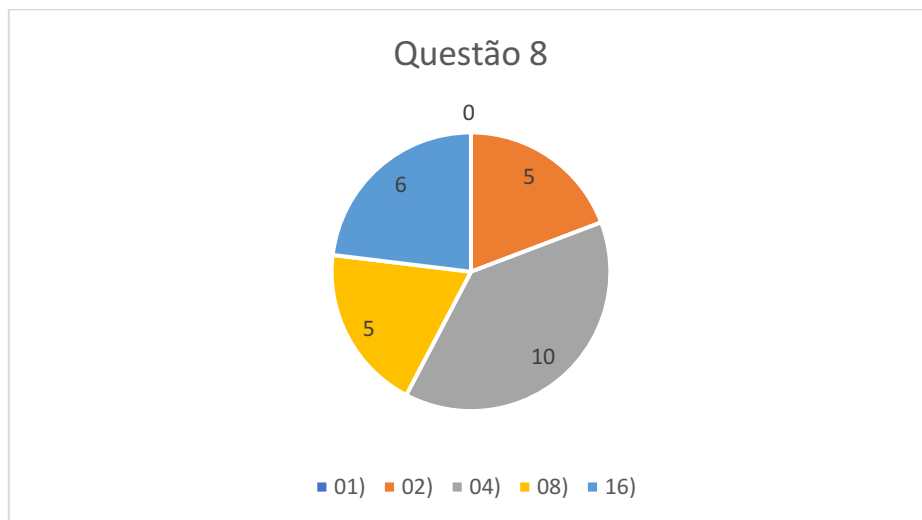
Já na questão 8 do apêndice 2 temos os seguintes resultados, a Figura 34 mostra as respostas iniciais dos alunos e a Figura 35 as respostas finais dessa questão.

**Figura 38 - Resposta inicial da questão 8**



Fonte: Autoria própria (2022).

**Figura 39 - Resposta final da questão 8**

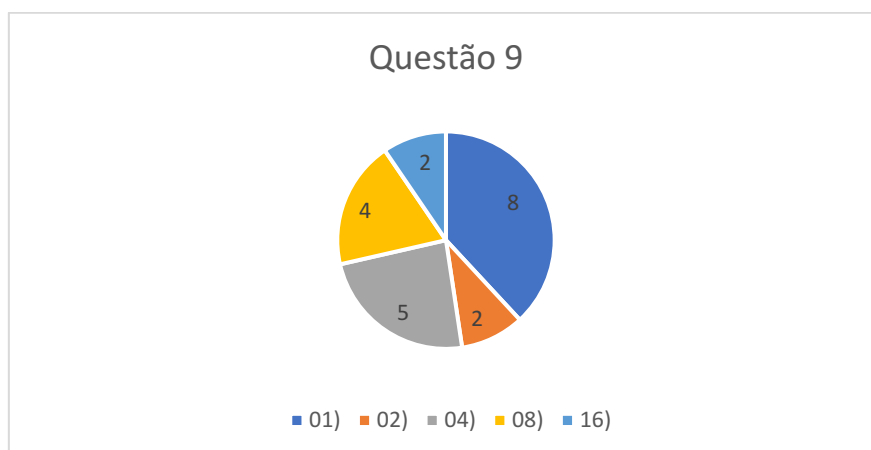


Fonte: Autoria própria (2022).

As alternativas corretas nessa questão eram 02, 04, 08 e 16. Dos alunos que haviam zerado essa questão no questionário inicial, nenhum deles zerou no questionário final. Tivemos 14% dos alunos que haviam assinalado a assertiva 01 e depois 0% assinalou a mesma. Os percentuais das assertivas 02, 04, 08 e 16 foram de 7%, 21%, 43% e 36% no questionário inicial, respectivamente e passaram para 36%, 71%, 36% e 43%, ou seja, uma evolução em basicamente todas as assertivas corretas, com exceção a 08.

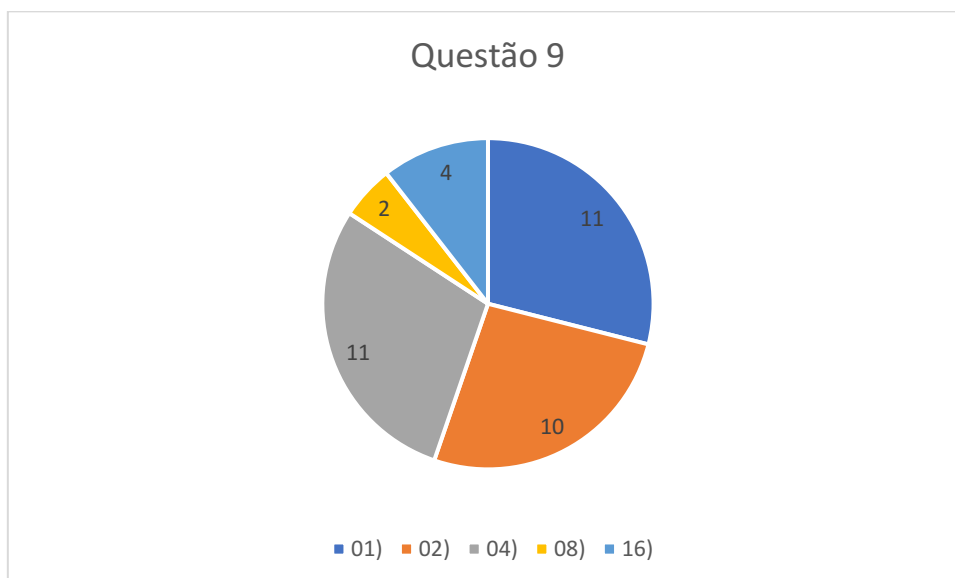
Já na questão 9 do apêndice 2 temos os seguintes resultados, a Figura 36 mostra as respostas iniciais dos alunos e a Figura 37 as respostas finais dessa questão.

**Figura 40 - Resposta inicial da questão 9**



Fonte: Autoria própria (2022).

Figura 41 - Resposta final da questão 9



Fonte: Autoria própria (2022).

As alternativas corretas nessa questão eram 01, 02, 04 e 16. Dos alunos que haviam zerado essa questão no questionário inicial, apenas dois zeraram no questionário final, ou seja, de 28% caiu para 14% os zeros dessa questão. Os percentuais das assertivas 01, 02, 04 e 16 foram de 57%, 14%, 36% e 14% no questionário inicial, respectivamente e passaram para 78%, 71%, 78% e 28%, ou seja, uma evolução de acertos em todas as assertivas.

Percebemos ao comparar o questionário antes e depois dos alunos que houve uma evolução nos conceitos relacionados ao efeito fotoelétrico. Podemos concluir que tivemos um resultado satisfatório, não perfeito, mas que satisfaz nosso propósito.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse trabalho teve como objetivo a elaboração de um material digital para os alunos do terceiro ano do ensino médio, a fim de proporcionar uma facilidade e autonomia aos alunos. O tema escolhido foi o do efeito fotoelétrico, por ser um tema muito importante em relação à tecnologia atual, por fazer parte da física moderna e pela escassez de suporte que o professor tem para trabalhar com este tema.

A proposta foi implementada de maneira presencial no Colégio Interação de Maringá, no ano de 2021. Através da participação, interação dos alunos durante os encontros e das respostas do questionário final, foi possível perceber que a proposta foi capaz de despertar o interesse dos mesmos.

Por meio de falas e de comentários deixados pelos alunos foi constatado que o material digital ajuda bastante a fazer revisões de conteúdos e também a aprofundar os temas. Para os alunos que estão acostumados a aprender em 15 segundos (redes sociais), ter um material que se assemelha a isso faz muito sentido.

Ao fazer a comparação dos questionários inicial e final podemos perceber indícios de aprendizagem significativa, principalmente em questões dissertativas.

Esse material também fica de apoio a professores que queiram trabalhar com material digital com os alunos, visto que as sequências ajudam o planejamento do professor e conseguem chamar a atenção dos alunos.

Por fim, esse material também servirá de exemplo para outros, sendo que quanto mais materiais dessa forma forem produzidos, mais ajuda terão nossos alunos nos seus estudos e a física como disciplina evoluirá na sua maneira de ser explicada.

## REFERÊNCIAS

ABIB, M.L.V.S.; ARAÚJO, M.S.T. Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista brasileira de ensino de física**, São Paulo, v.25, n.2, p.176-194, 2003.

BATISTA, D. C. **Uma proposta para se ensinar efeito fotoelétrico no ensino médio**. 2016. Dissertação (Mestrado Profissional de Ensino de Física) - Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campo Mourão, 2016.

BATISTA, D. C.; BATISTA, M. C; FUSINATO, P. A.; SANTOS, O. R. Atividade experimental para o ensino de física: efeito fotoelétrico. **Caderno de física da UEFS** 19 (01): 1403.1-15, 2021.

BORGES, T.F.F; OLIVEIRA, S.O; BORGES, J.R.A; SAAD, N.S. teoria da instrução de gagné e o ensino da matemática. 2020. **Cadernos da Fucamp**, v.19, n.40, p.90-111/2020

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br>. Acesso em: 21 de nov. de 2021.

EFEITO fotoelétrico. **PhET – Physics education technology**. Disponível em: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulations/photoelectric](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/photoelectric). Acesso em: 17 de abril de 2022

EISBERG, R., RESNICK, R. **Física quântica**. Campus, Rio de Janeiro, 1986.

GAGNÉ, R. M. **Como se realiza a aprendizagem**. Trad. Therezinha Maria Ramos Tovar. Rio de Janeiro: Ao livro técnico, 1973.

GAGNÉ, R. M. **Princípios essenciais da aprendizagem para o ensino**. Trad. Rute V.A Baquero. Porto Alegre: Globo, 1980.

GASPAR, A., **Física: eletromagnetismo e física moderna – volume 3**. Ática, São Paulo, 2013. Física: Eletromagnetismo e Física Moderna – volume 3. Manual do Professor. Ática, São Paulo, 2013.

HELOU, GUALTER E NEWTON. **Tópicos de física**, Vol. 03, 16ª Ed. Editora Saraiva, 2012.

JUNIOR, C.A.O.M; BATISTA, M.C; **Metodologia da pesquisa em educação e ensino de ciências**. 1ª ed. Maringá, PR. Editora Massoni, 2021

LORENZATO, S. (Org.). **O Laboratório de ensino de matemática na formação de professores**. Campinas, SP: Autores Associados, 2006. (Coleção formação de professores)



MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa: a teoria e textos complementares**. 1. ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011(a).

MOREIRA, M. A. **Teorias de aprendizagem**. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, 1999.

OLIVEIRA, T. E.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. Sala de aula invertida: inovando as aulas de física. **Física na Escola**, v. 14, n. 2, 2016. Disponível em: <http://www1.fisica.org.br/fne/phocadownload/Vol14-Num2/a02.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2021.

SANTOS, O. R. dos.; SCHEIFER, E. K.; SILVA, D. F. da.; BRAGA, W. S.; FONTES, A. da S. **The study of the dual nature of light in High School**. Research, Society and Development, [S. l.], v. 11, n. 6, p. e56911629760, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i6.29760. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/29760>. Acesso em: 28 aug. 2022.

SILVA, E. A. P. **O efeito fotoelétrico**. Dissertação (Instituto de Física) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2000.

TAYLOR, J. F.; ZAFIRATOS, C. **Modern physics for scientist and engineers** New Jersey: Prentice-Hall, 2003.

VIEIRA, T. F. **Estudo de uma proposta didática interdisciplinar para o ensino de física e astronomia no ensino médio**. 2021. Dissertação (Mestrado Profissional de Ensino de Física) - Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campo Mourão, 2021.

**ANEXO 1 – COMPETÊNCIAS DO ENEM (EXAME NACIONAL DO ENSINO  
MÉDIO)**

<p><b>EM13CNT101</b></p> <p>Analisar e representar, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais específicos, as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas e em processos produtivos que priorizem o desenvolvimento sustentável, o uso consciente dos recursos naturais e a preservação da vida em todas as suas formas.</p>	<p>Essa habilidade implica reconhecer os processos de transformação e conservação de matéria e de energia, relacionando-os com processos tecnológicos utilizados pela humanidade, avaliando ações e analisando soluções sustentáveis para os sistemas naturais.</p>	<p>Transformações e conservação da energia. Conservação da quantidade de movimento. Fluxo de energia e de matéria nos ecossistemas. Metabolismo energético. Ligações e reações químicas. Leis ponderais e estequiometria.</p>	<p>A Biologia contribui no desenvolvimento dessa habilidade ao tratar da análise do fluxo de matéria e energia nos ecossistemas, nas cadeias tróficas e em processos como fotossíntese e respiração, relacionados ao metabolismo energético. Ao identificar a história dos avanços e das transformações nos ecossistemas locais/regionais, é possível a elaboração de soluções para situações que representem ameaças ao ambiente.</p> <p>A Física contribui no desenvolvimento dessa habilidade no estudo das transformações de energia e sua conservação em situações do cotidiano e prever consequências em colisões, por exemplo, com base na conservação da quantidade de movimento.</p> <p>A Química contribui no desenvolvimento dessa habilidade no reconhecimento das transformações químicas como recombinações de átomos e na aplicação do conhecimento sobre as propriedades específicas da matéria em contextos variados. Em problemas reais, é possível prever produtos, quantitativa e qualitativamente, com base no desenvolvimento do cálculo estequiométrico.</p>	<p>Planejar e defender propostas para o uso de novas fontes renováveis de energia, relacionando-as a questões sociais, ambientais, políticas e culturais em âmbito local, regional e global. Explicar a importância da fotossíntese na manutenção da energia e da matéria orgânica ao longo das cadeias tróficas, utilizando modelos e esquemas. Identificar as transformações de energia envolvidas no funcionamento de eletrodomésticos presentes na residência dos estudantes e propor condições de uso que gerem economia no consumo de energia.</p> <p>Prever as consequências de uma colisão entre dois veículos, considerando a quantidade de movimento de cada móvel. Analisar fenômenos químicos por meio da observação de evidências e dados qualitativos e quantitativos para explicá-los por meio de equações químicas balanceadas.</p>	<p>A habilidade permite a integração com Educação Física, relacionando os processos metabólicos com a prática de atividades físicas e a manutenção da saúde. Em Educação para o Trânsito, tema contemporâneo, é possível analisar os limites de velocidade em vias para estabelecer considerações sobre colisões e frenagens. Estudos estatísticos fornecem bons dados para fundamentar os argumentos quanto a acidentes de trânsito, envolvendo a área de Matemática e a Competência Geral 7, relacionada à argumentação. Os ciclos biogeoquímicos são contextos que permitem a exploração dos objetos de conhecimento de forma integrada entre os componentes de Física, Química, Biologia e Geografia, e podem ser analisados por meio simuladores virtuais e aplicativos de realidade aumentada, considerando a Competência Geral 5, relacionada à cultura digital.</p>
<p><b>EM13CNT103</b></p> <p>Utilizar o conhecimento sobre as radiações e suas origens para avaliar as potencialidades e os riscos de sua aplicação em equipamentos de uso cotidiano, na saúde, no ambiente, na indústria, na agricultura e na geração de energia elétrica.</p>	<p>Essa habilidade implica identificar a importância dos avanços históricos e atuais sobre a radioatividade e suas diferentes aplicações, além de reconhecer seus riscos à saúde e ao meio ambiente. Também aproxima o estudante de aspectos relativos à Natureza da Ciência, por exemplo, as dificuldades enfrentadas pelos cientistas, o valor que a sociedade confere ao conhecimento científico, benefícios e riscos de algumas atividades científicas, entre outras possibilidades. O desenvolvimento dessa habilidade também permite o posicionamento crítico dos estudantes e as práticas argumentativas, levando-os a avaliar as informações recebidas diariamente, premissa importante no processo de letramento científico.</p>	<p>Implicações e benefícios do uso da radiação. Efeitos biológicos das radiações ionizantes. Mutações. Evolução dos modelos atômicos. Radioatividade.</p>	<p>A Biologia contribui no desenvolvimento dessa habilidade no estudo dos efeitos biológicos das radiações ionizantes por meio de casos históricos que mostram avanços e descobertas sobre a radiação e os acidentes radioativos, possibilitando avaliar causas e consequências.</p> <p>A Física contribui no desenvolvimento dessa habilidade a partir da avaliação do uso de ondas eletromagnéticas em diferentes tecnologias, como no celular, no forno de uso doméstico e em equipamentos industriais, possibilitando identificar os riscos e o sistema de proteção ao usuário desenvolvido em cada situação.</p> <p>A Química contribui no desenvolvimento dessa habilidade na determinação da natureza das radiações e suas interações com a matéria e com sistemas biológicos. Podem ser estudados o comportamento de radioisótopos e sua relação com o conhecimento sobre a estrutura do átomo e processos de fissão e fusão nuclear para a obtenção de energia em usinas nucleares.</p>	<p>Comparar diferentes usos e aplicações da radiação e seus efeitos biológicos, por exemplo, em processos de esterilização, na medicina, nos aparelhos de raios-X, na agricultura e na conservação de alimentos. Analisar o efeito mutagênico das radiações ionizantes sobre o material genético. Identificar os tipos de radiações e suas origens e potenciais efeitos sobre o planeta e as diferentes formas de vida. Aplicar modelos sobre a estrutura atômica para explicar a origem e manifestação das radiações. Avaliar os benefícios e riscos da aplicação de reações nucleares para a obtenção de energia, levando em conta a biodisponibilidade de recursos naturais e a diversificação das matrizes energéticas mundiais.</p>	<p>Há uma integração dentro da própria área, entre Física, Química e Biologia, que estão envolvidas no estudo e na avaliação do impacto das radiações oriundas de reações nucleares e na decomposição de radioisótopos em sistemas biológicos. É possível o uso de simuladores virtuais para analisar a dinâmica de reações de fusão e fissão nuclear. A relação com a área de Ciências Humanas e Matemática pode ocorrer para a análise da datação de artefatos a partir do decaimento radioativo com a quantificação de carbono 14. As questões históricas relacionadas aos efeitos biológicos e ambientais desencadeados por acidentes nucleares, bem como a construção de argumentos em relação às indústrias de armamentos, podem ser relacionadas com as Ciências Humanas e contemplar as Competências Gerais 7 e 9, que tratam da argumentação e da empatia.</p>
<p><b>EM13CNT106</b></p> <p>Avallar, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais, tecnologias e possíveis soluções para as demandas que envolvem a geração, o transporte, a distribuição e o consumo de energia elétrica, considerando a disponibilidade de recursos, a eficiência energética, a relação custo/benefício, as características geográficas e ambientais, a produção de resíduos e os impactos socioambientais e culturais.</p>	<p>Essa habilidade implica avaliar e saber criticar o uso de diferentes fontes para a obtenção de energia elétrica, principalmente os combustíveis fósseis, reconhecendo a importância da utilização de fontes inovadoras e renováveis de energia. Também implica reconhecer e avaliar a disponibilidade de recursos e condições geográficas que influenciam na definição do tipo de usina elétrica, observando a relação de eficiência energética, os benefícios e os custos que estão envolvidos no impacto ambiental e cultural, além de reconhecer e analisar a dimensão das redes de transmissão de energia elétrica desde a usina até a residência, bem como as soluções para as dificuldades de implantação e para minimizar as perdas de energia ao longo da rede.</p>	<p>Geração e transmissão de energia elétrica. Usinas de geração elétrica: eficiência energética e impacto ambiental. Formas sustentáveis de obtenção e armazenamento de energia elétrica. Consumo consciente de energia elétrica. Propriedades dos materiais.</p>	<p>A Biologia contribui no desenvolvimento dessa habilidade no debate e na avaliação de construção de usinas hidrelétricas, nos aspectos ambientais, políticos, econômicos e sociais, além da importância de novas fontes sustentáveis de geração de energia elétrica, no Brasil e no mundo.</p> <p>A Física contribui no desenvolvimento dessa habilidade por meio da análise das vantagens da geração de tensão alternada em uma usina de energia na transmissão da energia elétrica e ao discutir a potência consumida pelos aparelhos elétricos, podendo prever e planejar o gasto com consumo de energia elétrica.</p> <p>A Química contribui no desenvolvimento dessa habilidade ao trabalhar a termoquímica, as reações de combustão e a química nuclear, explorando temas como a eficiência energética de diferentes combustíveis, e ao prever subprodutos oriundos das reações usadas para a obtenção de energia, que podem auxiliar na argumentação sobre os potenciais riscos na implementação de usinas hidrelétricas, térmicas e termoeletrônicas.</p>	<p>Comparar diferentes fontes renováveis de energia e prós e contras de seu uso, de acordo com demandas locais, regionais e globais. Aplicar as leis de Ohm e de Faraday para explicar as possíveis soluções para minimizar a perda de energia elétrica em uma rede de transmissão de energia elétrica, salientando a função dos transformadores e a análise da potência fornecida. Propor formas alternativas para a geração de energia sustentável para o funcionamento de automóveis com foco no transporte público. Comparar a eficiência energética e a emissão de poluentes em reações envolvidas no funcionamento de usinas térmicas, hidrelétricas e termoeletrônicas.</p>	<p>A relação com dados sobre o relevo e a quantidade de energia gerada e transformada permitem uma abordagem interdisciplinar do conteúdo, em parceria com componentes de Física e Geografia, que pode ser desenvolvida por meio de projetos onde os estudantes podem pesquisar regiões, usando mapas digitais, e prever o impacto da implementação de diferentes tipos de usinas elétricas, inclusive criando protótipos que ajudem na compreensão dos mecanismos de funcionamento e na comparação da eficiência energética entre usinas térmicas, eólicas e termoeletrônicas.</p> <p>Habilidades de leitura de gráficos e tabelas podem ser exploradas nesses contextos, seja na resolução de problemas ou na abordagem da aprendizagem baseada em projetos, estabelecendo relação com a área de Matemática.</p> <p>As Competências Gerais 2 e 6 podem ser consideradas ao relacionar o pensamento científico, ao favorecer a aproximação com diferentes situações do mundo do trabalho e ao favorecer uma reflexão sobre Projeto de Vida.</p>
<p><b>EM13CNT205</b></p> <p>Interpretar resultados e realizar previsões sobre atividades experimentais, fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas noções de probabilidade e incerteza, reconhecendo os limites explicativos das ciências.</p>	<p>Essa habilidade implica reconhecer a importância da confiabilidade dos dados experimentais para posterior análise da situação em estudo, como ocorre em estudos envolvendo a herança mendeliana, a genética e a dinâmica de populações. A habilidade implica analisar gráficos e tabelas e prever tendências, possibilitando a oportunidade de prevenir situações não desejadas e reconhecendo o avanço no tratamento de dados com o uso da tecnologia. Vale ressaltar a natureza probabilística de muitas conclusões da ciência, evidenciando o pensamento complexo (multifatorial) em detrimento do pensamento linear.</p>	<p>Dinâmica de populações. Previsões sobre interações e transformações da matéria: modelo cinético molecular e reações químicas. Genética de populações. Herança mendeliana. Saúde Pública: epidemiologia e vacinação.</p>	<p>A Biologia contribui no desenvolvimento dessa habilidade ao possibilitar a resolução de situações-problema a partir da coleta, análise e trabalho com dados, usando a probabilidade para transformá-los em evidências, envolvendo atividades práticas (métodos de amostragem) e/ou problemas de genética e evidenciando a compreensão da herança a partir de uma perspectiva probabilística.</p> <p>A Física contribui no desenvolvimento dessa habilidade com a introdução da mecânica quântica para apresentar resultados na forma de probabilidade.</p> <p>A Química contribui no desenvolvimento dessa habilidade em experimentos que envolvam a medida da temperatura do ambiente e sua influência na velocidade das reações químicas, para que o estudante colete dados quantitativos e relacione essas informações com as transformações da matéria que podem ser observadas de forma qualitativa. Por exemplo, pode-se comparar a degradação de resíduos em diferentes temperaturas.</p>	<p>Aplicar cálculos de variáveis populacionais (densidade populacional, distribuição espacial, taxas de crescimento, de natalidade e mortalidade) na resolução de situações-problema. Formular hipóteses sobre causas e consequências de fenômenos, coletar dados sistematicamente e sintetizar informações. Relacionar observações qualitativas de transformações químicas com dados quantitativos obtidos em experimentos. Analisar a herança biológica a partir de uma perspectiva probabilística. Reconhecer variedade, a velocidade e a quantidade de informações associadas ao "Big Data" e analisar a maneira como a análise de grandes volumes de dados nos permite compreender tendências e processos.</p>	<p>Em Biologia, Física e Química, espera-se que o estudante compreenda a natureza probabilística de grande parte do conhecimento científico e reconheça a importância das evidências para construir discursos, não considerando dados científicos como fatos absolutos. Será interessante a organização de situações didáticas nas quais a coleta de dados, sua organização e análise sejam o foco.</p> <p>A aplicação dos cálculos de variáveis populacionais aproxima o estudante da área de Matemática, na análise dos erros experimentais e estimativa da margem de erro, envolvendo construção de gráficos e tabelas a partir de dados estatísticos para analisar a confiabilidade de experimentos. É possível o uso de recursos digitais para a organização dos dados e criação de gráficos. A análise a partir de múltiplas variáveis deve ser valorizada na interpretação dos fenômenos. Estudos envolvendo pirâmides etárias possibilitam uma aproximação com as Ciências Humanas, incluindo avaliar a política de prevenção de desastres naturais. O processo experimental e investigativo também está relacionado com a Competência Geral 2, que aborda o pensamento científico, crítico e criativo.</p>

<p><b>EM13CNT301</b> Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.</p>	<p>Essa habilidade implica a vivência da investigação científica, aproximando-se do percurso da ciência na construção de teorias e na construção do conhecimento científico, bem como reconhecendo a aplicação do conhecimento científico como possibilidade de transformação social na resolução de problemas de seu entorno (local) e em nível global.</p>	<p>Elaboração de diferentes teorias. Investigação científica: leitura de conteúdo, pesquisa, elaboração de modelos de análise, tratamento e análise de dados e conclusões.</p>	<p>A Biologia contribui no desenvolvimento dessa habilidade a partir da resolução de situações-problema, de maneira colaborativa, que permitam o desenvolvimento de habilidades científicas, como levantamento de hipóteses e previsões, experimentação, coleta e análise de dados, argumentação e comunicação das conclusões, considerando o papel na investigação científica na elaboração de diferentes teorias. A Física contribui no desenvolvimento dessa habilidade com a investigação por meio de experimentos e coleta de informações. A análise da precisão das medidas realizadas e a determinação das variáveis envolvidas são práticas científicas que podem ser desenvolvidas. A Química contribui no desenvolvimento dessa habilidade usando experimentos investigativos como metodologia para explorar os objetos de conhecimento, como as reações químicas, a cinética e o equilíbrio químico.</p>	<p>Resolver situações-problema relacionadas ao entorno, levantando dados com o uso de tecnologias digitais e envolvendo a comunidade escolar. Identificar aspectos de natureza da Ciência a partir da análise de experimentos históricos que contribuíram para a construção das principais teorias científicas da Biologia. Propor modelos de análise para testar hipóteses sobre observações e/ou situações-problema. Aplicar diferentes abordagens (metodologias) científicas para compreender a dinâmica da matéria e energia em situações-problema relacionadas ao ambiente.</p>	<p>O uso da metodologia experimental ancorada em processos investigativos se constitui como estratégia para a exploração de objetos relacionados à Física, à Química e à Biologia. O levantamento de hipóteses e a elaboração de procedimentos experimentais para testá-las são estratégias importantes para o desenvolvimento da Competência Geral 2, que trata do pensamento científico. Em experimentos ou usando simuladores virtuais, é necessário estimular o estudante a refletir e manipular materiais e dados, construindo procedimentos investigativos, e não apenas seguir um passo a passo de instruções. É importante que as situações-problema estejam conectadas com questões que façam parte da realidade do estudante, na escola ou na comunidade, ou conectadas globalmente, relacionando a investigação com propostas que considerem a Aprendizagem Baseada em Projetos, estabelecendo conexão com a Competência Geral 5, que considera o Trabalho e o Projeto de Vida. Na resolução das situações-problema, é possível a aproximação entre os componentes da área com a área de Matemática no levantamento e tratamento de dados. Utilizando ferramentas tecnológicas, como na aplicação de questionários envolvendo a comunidade escolar, além da interpretação de gráficos e o estabelecimento de conclusões.</p>
<p><b>EM13CNT302</b> Comunicar, para públicos variados, em diversos contextos, resultados de análises, pesquisas e/ou experimentos, elaborando e/ou interpretando textos, gráficos, tabelas, símbolos, códigos, sistemas de classificação e equações, por meio de diferentes linguagens, mídias, tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC), de modo a participar e/ou promover debates em torno de temas científicos e/ou tecnológicos de relevância sociocultural e ambiental.</p>	<p>Essa habilidade implica reconhecer o uso da linguagem científica para comunicar informações, valorizando as formas escrita, gráfica ou visual como ferramentas essenciais na divulgação de dados de investigação, para que possam ser interpretados como evidências que embasam argumentos científicos.</p>	<p>Comunicação e argumentação com base em conhecimentos científicos. Imagens obtidas por sensoriamento remoto. Elaboração de diferentes teorias.</p>	<p>A Biologia contribui no desenvolvimento dessa habilidade ao abordar temáticas relacionadas à preservação dos ecossistemas locais, desmatamento, poluição e ações para promoção da educação ambiental da comunidade local. A Física contribui no desenvolvimento dessa habilidade através da análise dos dados contidos nas imagens obtidas por sensoriamento remoto, no controle do desmatamento em áreas preservadas, na análise da poluição de rios, entre outros temas a serem analisados a partir do registro de dados obtidos ao longo do tempo. A Química contribui no desenvolvimento dessa habilidade por meio de atividades experimentais que possam gerar dados e conhecimentos relevantes para obter informações sobre problemas ambientais e socioculturais, onde o estudante precise relatar processos e comunicá-los usando diferentes mídias, considerando diferentes públicos e interlocutores, utilizando textos, infográficos e vídeos.</p>	<p>Coletar e organizar dados obtidos em imagens de um mesmo local, registradas em diferentes momentos, para analisar o comportamento da variável observada na imagem e fundamentar as conclusões, relacionando os dados ao histórico do local em estudo. Contrastar imagens de diferentes locais, identificando áreas de preservação e áreas desmatadas, além de relacioná-las aos diferentes ecossistemas e espécies que estão em ameaça nessas regiões. Sistematizar os dados obtidos e aplicá-los na construção de diferentes materiais em campanhas de conscientização da comunidade, utilizando ou não as mídias e redes sociais para divulgação. Comparar e avaliar os impactos de muitos materiais de uso cotidiano, se descartados inadequadamente, por exemplo, pilhas, baterias e pneus, apresentando os resultados da pesquisa por meio de diferentes mídias.</p>	<p>Todos os componentes da área estão relacionados com essa habilidade e favorecem seu desenvolvimento. A interpretação das imagens associadas aos dados e às evidências fornecem o conjunto de informações para sustentar as conclusões e o posicionamento do estudante na comunicação e desenvolvimento de linguagem científica. Além disso, a conexão com a área de Linguagens na construção de diferentes formatos de comunicação é fundamental. O uso de TDIC ao longo das propostas é essencial, recorrendo a ferramentas e softwares para obtenção, tratamento e análise de dados, o que permite uma exploração significativa das tecnologias digitais e colabora para o desenvolvimento da Competência Geral 5, que trata da cultura digital, considerando o estratagem tecnológico na construção do Projeto de Vida do estudante. A interação com os componentes da área de Ciências Humanas também é possível na realização de entrevistas com a comunidade local, buscando dados sobre as questões sociais, culturais, políticas, econômicas e históricas envolvidas na investigação. A Competência Geral 4, com foco na comunicação, tem importante conexão com essa habilidade.</p>
<p><b>EM13CNT303</b> Interpretar textos de divulgação científica que tratam de temáticas das Ciências da Natureza, disponíveis em diferentes mídias, considerando a apresentação dos dados, tanto na forma de textos como em equações, gráficos e/ou tabelas, a consistência dos argumentos e a coerência das conclusões, visando construir estratégias de seleção de fontes confiáveis de informações.</p>	<p>Essa habilidade implica reconhecer e interpretar as diferentes formas de registro e apresentação de dados em uma publicação científica (artigos científicos), bem como avaliar a consistência das conclusões e a confiabilidade de uma divulgação científica.</p>	<p>Fontes confiáveis e relevantes. Saúde e bem-estar. Educação ambiental, sustentabilidade e preservação da biodiversidade. Uso de novas tecnologias.</p>	<p>A Biologia contribui no desenvolvimento dessa habilidade ao abordar temas sociocientíficos/controversos a partir de diferentes fontes de pesquisa e de divulgação científica, considerando evidências que validem as conclusões publicadas e avaliando as informações recebidas, reconhecendo fragilidades e limites do conhecimento científico. A Física contribui no desenvolvimento dessa habilidade ao abordar temas relacionados às tecnologias atuais a partir de divulgação científica, considerando textos, equações, dados relacionados às variáveis ou gráficos para analisar criticamente a divulgação sobre o tema em diferentes mídias sociais. A Química contribui no desenvolvimento dessa habilidade ao explorar textos de temas diversos, como poluição, reações nucleares, produção de energia elétrica, reações químicas de interesse ambiental, entre outros. Nos textos, provenientes de fontes confiáveis, analisar dados, gráficos, reações químicas, infográficos e demais recursos usados para comunicar descobertas, fenômenos, novas tecnologias e experimentos.</p>	<p>Comparar e analisar textos que abordem o mesmo tema, porém com conclusões diversas, e identificar possíveis inconsistências e incoerências entre os dados das diferentes publicações. Elaborar um roteiro para investigação da confiabilidade de uma informação e criar uma estratégia para divulgação do roteiro ou diferentes suportes textuais. Criar dispositivos de fácil acesso para identificação e alertas sobre informações falsas veiculadas na mídia. Analisar vídeos e textos de divulgação científica, descrevendo o possível caminho inverso do processo de pesquisa a partir da análise da conclusão divulgada pelos pesquisadores.</p>	<p>Todos os componentes estão envolvidos na análise da consistência das conclusões descritas em uma divulgação científica relacionada ao tema das Ciências da Natureza. A verificação da coerência dos argumentos com os dados apresentados e a confirmação dos dados em outras publicações são passos iniciais na validação de uma informação. Na área de Linguagens, é importante possibilitar a consulta e o acesso a fontes originais de divulgação científica, como os artigos, considerando sua interpretação e a análise dos dados apresentados nesses materiais. O estudante pode ser envolvido em um projeto de aproximação com pesquisadores, buscando temáticas de seu interesse, organizando entrevistas presenciais ou on-line e analisando diferentes pontos de vista sobre informações veiculadas em diferentes fontes. É possível uma aproximação com as Ciências Humanas envolvendo estudos de casos históricos, como os fatores que não permitiram o reconhecimento das ideias de Lamarck como teoria científica, os estudos enfrentados por John Snow na busca das causas da cólera; ou, ainda, os motivos que levaram à falta de reconhecimento dos estudos sobre evolução realizados por Wallace em comparação ao reconhecimento dos trabalhos de Darwin. A habilidade apresenta relação com as Competências Gerais 1 e 4, ao analisar o percurso envolvido na construção e na comunicação de conhecimentos.</p>
<p><b>EM13CNT308</b> Investigar e analisar o funcionamento de equipamentos elétricos e/ou eletrônicos e sistemas de automação para compreender as tecnologias contemporâneas e avaliar seus impactos sociais, culturais e ambientais.</p>	<p>Essa habilidade implica aplicar os conhecimentos na compreensão do funcionamento de equipamentos elétricos e eletrônicos presentes no cotidiano dos estudantes, reconhecer a lógica aplicada em um sistema de automação e a importância da linguagem de programação para que uma decisão seja automatizada e analisar os impactos e a dependência das novas tecnologias na sociedade, na cultura e no ambiente.</p>	<p>Uso e descarte consciente de equipamentos eletrônicos. Exames e diagnósticos. Transformação de energia solar em elétrica. Componentes eletrônicos. Sistemas de automação. Eletroquímica.</p>	<p>A Biologia contribui no desenvolvimento dessa habilidade ao promover reflexões e debates a partir do levantamento de dados sobre o tempo de uso de equipamentos eletrônicos, como os smartphones, e as possíveis consequências à saúde e ao meio ambiente. A Física contribui no desenvolvimento dessa habilidade ao promover a discussão sobre a energia elétrica obtida com as placas fotovoltaicas, promovendo reflexões sobre energia sustentável, limpa e renovável, além do uso de componentes eletrônicos tanto nas placas fotovoltaicas como nos equipamentos para automação. A Química contribui para o desenvolvimento dessa habilidade ao considerar o funcionamento de tecnologias, como telas touchscreen e baterias, por meio da aplicação de conceitos científicos. Estabelecer a relação entre matéria e energia é um caminho importante para que o estudante possa explicar o funcionamento de equipamentos elétricos e eletrônicos e relacionar os objetos de conhecimento entre os componentes de Ciências da Natureza.</p>	<p>Avaliar os impactos à saúde e ao meio ambiente dos hábitos de vida atuais em relação ao uso excessivo de equipamentos eletrônicos e ao consumismo. Descrever o funcionamento e a aplicação dos principais sistemas de exames e diagnósticos utilizados em saúde e medicina, como rai-X, encefalograma, ultrassom, entre outros. Reconhecer as características de um semicondutor tipo P e N e sua função no circuito eletrônico de uma placa fotovoltaica. Construir um circuito eletrônico associado a um microprocessador, que realize algum tipo de controle através de sensores e emissores. Investigar o funcionamento de pilhas, baterias e avaliar os impactos ambientais causados por essas tecnologias.</p>	<p>Para experimentar um sistema simples de automação, os estudantes podem montar circuitos com componentes eletrônicos, como o diodo e Led, ambos constituídos por semicondutores junção PN, e componentes elétricos, como resistores, autofalante, campainhas e um microcontrolador, como o Arduino. O uso de sensores acoplados ao microcontrolador permite realizar automação controlada por medidas externas ao circuito, simulando automações comumente presentes em edifícios comerciais no controle da iluminação. A comunicação entre a Física e a Química é evidente no processo de dopagem em um semicondutor e na conversão da luz em sinal elétrico. Essa habilidade permite uma abordagem investigativa, com uso de baterias e pilhas, que podem também ser conduzidas por meio de experimentos para a montagem e determinação da diferença de potencial gerada, acarretando numa discussão sobre a eficiência energética e os impactos ambientais dessas tecnologias. Para uma aproximação com a área de Linguagens e Ciências Humanas, é possível promover desafios STEAM que envolvam problemas locais e a reutilização de lixo eletrônico, por exemplo. A escola também poderá ser parceira de empresas locais e servir como ponto de recolhimento de lixo eletrônico da comunidade, um caminho para contribuir com a economia sustentável e criativa. As Competências Gerais 2 e 5, que tratam de pensamento científico, crítico e criativo e a cultura digital, são evidenciadas nessa habilidade.</p>

<p><b>EM13CNT309</b></p> <p><b>Analisar questões socioambientais, políticas e econômicas relativas à dependência do mundo atual em relação aos recursos não renováveis e discutir a necessidade de introdução de alternativas e novas tecnologias energéticas e de materiais, comparando diferentes tipos de motores e processos de produção de novos materiais.</b></p>	<p>Essa habilidade implica desenvolver uma visão multifacetada em relação à dependência mundial de recursos não renováveis, valorizando alternativas inovadoras e sustentáveis que abrangem aspectos sociais, culturais, econômicos, políticos e ambientais.</p>	<p>Motor de combustão interna. Fontes alternativas e renováveis de energia. Combustíveis fósseis. Aquecimento global. Biocombustíveis. Química Verde.</p>	<p>A Biologia contribui no desenvolvimento dessa habilidade com o reconhecimento das alternativas inovadoras e sustentáveis como possíveis soluções a problemas enfrentados globalmente, como o aumento da população, perda e fragmentação de habitats e mudanças no ambiente físico e no clima da Terra.</p> <p>A Física contribui no desenvolvimento dessa habilidade comparando o rendimento e a emissão de poluentes nos motores a explosão interna movidos a combustível fóssil e a álcool. Com o grande número de veículos com esse tipo de motor, essa análise propicia a reflexão sobre questões socioambientais e econômicas.</p> <p>A Química contribui no desenvolvimento dessa habilidade na investigação de rotas alternativas para a produção de combustíveis e energia, por meio da redução de poluentes e da eficiência de reações químicas. O conhecimento de combustíveis alternativos, como os biocombustíveis, permite que o estudante possa comparar os impactos causados por combustíveis fósseis com outras soluções, por meio dos princípios de sustentabilidade.</p>	<p>Construir planos de ação sustentáveis a partir de situações-problema reais e/ou hipotéticas que envolvam levantamento e análise de dados ecológicos e critérios sustentáveis para a resolução dos problemas. Analisar o impacto socioeconômico e ambiental que ocorreria se os motores a combustão interna fossem substituídos por motores elétricos, considerando o abastecimento dos veículos e a potência do motor. Aplicar os postulados da Química Verde para propor soluções sustentáveis e alternativas à recursos naturais não renováveis para a melhoria da qualidade de vida e de processos industriais. Comparar a diferença entre o ciclo da matéria envolvido na produção de uso de combustíveis derivados de fontes renováveis e não renováveis.</p>	<p>Sugere-se a construção de protótipos na resolução de situações-problema que envolvam a construção de usinas de energia, atividades industriais, desmatamento, déficit na distribuição de energia elétrica e excesso de veículos nas áreas urbanas, favorecendo a comparação da matriz energética e elétrica de diferentes países.</p> <p>É possível realizar um debate sobre o motor a gasolina, a álcool e o elétrico, apontando vantagens e desvantagens de cada tipo e construindo um repertório para que o estudante se posicione quanto à evolução da indústria automobilística e do transporte urbano, estimulando também a Competência 7, que trata da argumentação com base em conhecimento científico.</p> <p>Os ciclos biogeoquímicos e as matrizes energéticas podem ser contextos para o desenvolvimento dessa habilidade, e o uso de simuladores digitais pode ser um instrumento útil para a comparação da eficiência energética de diferentes combustíveis usados na indústria, em automóveis e nas moradias, favorecendo o desenvolvimento da Competência Geral 5, que trata da cultura digital.</p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

## **APÊNDICE 1- PRODUTO EDUCACIONAL**



**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**MATERIAL DIGITAL PARA O TERCEIRO ANO DO ENSINO MÉDIO: Efeito  
fotoelétrico**

**RUBENS DIAS DO PRADO**

**CAMPO MOURÃO  
2022**

**RUBENS DIAS DO PRADO**

**MATERIAL DIGITAL PARA O TERCEIRO ANO DO ENSINO MÉDIO: Efeito  
fotoelétrico**

**Digital material for the third year of high school: photoelectric effect**

Produto Educacional apresentado ao Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Física da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (Polo 32 MNPEF), campus Campo Mourão, como requisito à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Michel Corci Batista

Coorientador: Profa. Dr. Gilson Junior Schiavon

**CAMPO MOURÃO**

**2022**



Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor (es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos.

Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



**SUMÁRIO**

<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>73</b>
A física ao final do século XIX .....	78
A contribuição de Max Planck .....	79
O efeito fotoelétrico e seus problemas pela vista da física clássica.....	80
Albert Einstein e suas contribuições para o efeito fotoelétrico .....	84
O efeito fotoelétrico explicado pela física moderna .....	86
Roteiro para o uso do simulador.....	89
Aplicações do efeito fotoelétrico na tecnologia atual .....	95
Exercícios.....	97
Resolução comentada dos exercícios.....	102
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>103</b>

## INTRODUÇÃO

Pensando no cenário educacional e o presente em que a sociedade está inserida, grande parte da população é dependente de redes sociais e mais ainda, de informações rápidas e objetivas. Dentro deste cenário pensamos em elaborar um material digital de apoio para os alunos do terceiro ano do ensino médio, com o objetivo de trazer informações com mais agilidade, e também com *links*, os quais o aluno que se sentir interessado, curioso ou que apresentar alguma dificuldade em algum tema, poderá clicar nesse link e abrir uma outra página com mais detalhes sobre aquele determinado tema.

Essa proposta foi produzida com o intuito de contribuir com o processo de aprendizagem dos alunos e também para a colaboração com os professores de Física que ministram o conteúdo de física moderna no terceiro ano do ensino médio, com textos objetivos, mas também com referências mais completas sobre o tema do efeito fotoelétrico. Os textos irão ajudar o professor a elaborar uma aula mais objetiva e também mais atraente ao aluno, visto que tem interdisciplinaridade com outros temas, como por exemplo, energias renováveis.

A proposta está construída tendo como aporte teórico a teoria de aprendizagem de Gagné. Os textos estão sem referência no corpo exatamente pelo motivo de ter como objetivo ser objetivo e direto, mas as referências estão no fim do trabalho.

Nossa proposta pode ser adequada sempre que houver necessidade, esperamos que a mesma contribua de maneira positiva com a área de Ensino de Física.

## PROPOSTA DE PRODUTO EDUCACIONAL

Apresentamos ao professor uma proposta para a utilização de um material digital que visa facilitar o entendimento do tema efeito fotoelétrico para os alunos do terceiro ano do ensino médio.

A ficha técnica da proposta é apresentada no Quadro 1.

**Quadro 10 – Ficha Técnica da proposta**

<b>FICHA TÉCNICA:</b> Efeito fotoelétrico: Um material digital para o ensino de física do terceiro ano do Ensino Médio.	
<b>TIPO DE ATIVIDADE:</b> Atividade expositiva dialogada voltada para as relações CTS.	
<b>PÚBLICO-ALVO</b>	Alunos do 3º Ano do Ensino Médio
<b>OBJETIVO GERAL</b>	Produzir um material digital (ebook) com uma proposta de sequência didático-pedagógica sobre o efeito fotoelétrico, a fim de proporcionar para os alunos da terceira série do Ensino Médio um trabalho interdisciplinar, sustentado pelas relações do CTS.
<b>PRÉ-REQUISITOS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Noções de ondulatória básica;</li> <li>▪ Função do primeiro grau;</li> <li>▪ Noções de conservação de energia</li> <li>▪ Noções de circuitos elétricos.</li> </ul>
<b>CONTEÚDOS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ondulatória;</li> <li>▪ Circuitos Elétricos;</li> <li>▪ Abordagem histórica do início da mecânica quântica;</li> <li>▪ Efeito fotoelétrico.</li> </ul>
<b>COMPETÊNCIAS DA BNCC</b>	Específica 1: EM13CNT101 Específica 1: EM13CNT103 Específica 1: EM13CNT106 Específica 2: EM13CNT205 Específica 3: EM13CNT301 Específica 3: EM13CNT302 Específica 3: EM13CNT303 Específica 3: EM13CNT308 Específica 3: EM13CNT309
<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Compreender as características do efeito fotoelétrico e associá-lo a diferentes aplicações cotidianas.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Associar diferentes áreas da física em uma única aplicação, o efeito fotoelétrico.</li> <li>▪ Interpretar texto de divulgação científica que tratem da temática de aplicação da física moderna na tecnologia atual.</li> </ul>
--	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Fonte: Autoria própria (2022).

As competências e habilidades estão de acordo com a nova BNCC.

Nossa proposta está prevista para ser implementada em 10 aulas, mas, pode ser adequada de acordo com a realidade do professor. No Quadro 2, está apresentada a organização da proposta didática para o professor.

#### Quadro 11 – Organização das aulas

<b>Aula 01</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aplicação de um questionário inicial que servirá de coleta de dados para verificar os conhecimentos prévios sobre o conteúdo.</li> <li>▪ Questões importantes:</li> <li>▪ “Vocês conhecem Albert Einstein? Se sim, por qual teoria?”</li> <li>▪ “Einstein ganhou prêmio Nobel? Se sim, por qual teoria?”</li> <li>▪ “O que vocês acham sobre o consumo de energia do planeta? Que alternativa temos de energia de mais fácil acesso?”</li> <li>▪ Aula expositiva trazendo dados estatísticos dos tipos de energia atualmente utilizados.</li> </ul>
<b>Aula 02</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fundamentação teórica: Ondas</li> <li>▪ Aula expositiva</li> </ul>
<b>Aula 03</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fundamentação teórica: Circuitos Elétricos</li> <li>▪ Aula expositiva</li> </ul>
<b>Aula 04</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Apresentação do efeito fotoelétrico do ponto de vista clássico.</li> <li>▪ Aula expositiva</li> <li>▪ Debate sobre os problemas do efeito fotoelétrico</li> </ul>
<b>Aula 05</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Soluções apresentadas por Albert Einstein sobre o efeito fotoelétrico</li> <li>▪ Aula expositiva</li> </ul>
<b>Aula 06</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Simulação Virtual sobre o efeito fotoelétrico</li> <li>▪ <a href="https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/photoelectric">https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/photoelectric</a></li> </ul>
<b>Aula 07</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Experimento sobre o efeito fotoelétrico</li> </ul>
<b>Aula 08</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ A matemática do efeito fotoelétrico</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aula expositiva</li> </ul>
<b>Aula 09</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aplicações do efeito fotoelétrico na tecnologia atual → Energia solar</li> <li>▪ Aula expositiva</li> </ul>
<b>Aula 10</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Resolução de exercícios sobre o efeito fotoelétrico</li> </ul>

Fonte: Autoria própria (2022).

A aula 01 tem como objetivo verificar os conhecimentos prévios dos alunos. A aula 02 tem como objetivo revisar conceitos importantes de ondulatória, visto que para o entendimento do efeito fotoelétrico o aluno deve saber qual era a teoria vigente para a luz e quais as leis que ela respeitava; nessa aula o aluno ainda não terá acesso ao material digital.

A aula 03 tem como objetivo revisar conceitos importantes de circuitos elétricos visto que para entendimento do efeito fotoelétrico o aluno deve conhecer as condições para ter uma corrente elétrica e suas propriedades, nessa aula o aluno ainda não terá acesso ao material digital.

A aula 04 tem o objetivo de apresentar o efeito fotoelétrico visto pela física clássica, ou seja, o comportamento ondulatório da luz. Nessa aula serão colocados aos alunos os problemas que a física enfrentava para explicar esse efeito por essa ótica. Deverá ser despertada no aluno, uma curiosidade, se a luz é onda então como que o efeito que se percebe a partir do experimento de Lenard?

A aula 05 tem como objetivo explicar as soluções propostas por Einstein no efeito fotoelétrico e apresentar a nova forma de se compreender a luz. Nessa aula o aluno receberá o material digital, que conterà um texto explicativo de tudo o que foi visto nas aulas anteriores sobre o efeito fotoelétrico, o material permite ainda o aprofundamento em alguns temas a partir de hiperlinks.

O texto possuirá links clicáveis onde o aluno poderá ler a palavra e se sentir necessidade ou vontade de aprofundar naquele tema só apertar na palavra para ter acesso a um texto ou vídeo mais detalhado sobre o assunto.

As aulas 06 e 07 têm como objetivos colocar os conhecimentos em prática, tanto em experimentos quanto em simulações. Como os alunos agora já possuem o material digital, podem ter acesso a explicações da simulação e também a vídeos das experiências. O experimento proposto está baseado na

utilização de um eletroscópio, um canudo de plástico, um papel toalha, lâmpada incandescente e lâmpada que emite radiação UV. O experimento é bem simples, o professor irá eletrizar por atrito o canudo e o papel toalha e posteriormente eletrizar o eletroscópio por contato utilizando o canudo agora já eletrizado. Assim, as folhas do eletroscópio se abrirão, pois surgirá uma força de repulsão entre elas. De acordo com a série triboelétrica, o canudo irá ficar carregado negativamente, conseqüentemente o eletroscópio também, ou seja, ficarão com excesso de elétrons. Para que o eletroscópio se descarregue, é necessário retirar esse excesso de elétrons, e isso poderá ser feito a partir da emissão de luz. O professor poderá mostrar que a lâmpada incandescente não produzirá esse efeito, pois tem baixa frequência, mas que a lâmpada de UV irá fazer, pois tem alta frequência. O professor poderá usar como modelo o vídeo (<https://youtu.be/yWX6ubSX5hw>).

# EFEITO FOTOELÉTRICO

UM E-BOOK PARA FACILITAR SEU ESTUDO

## A FÍSICA AO FINAL DO SÉCULO XIX

Por volta do ano de 1890, a Física, de acordo com próprios cientistas da época, vivia uma situação confortável, onde a hoje chamada de *teorias clássicas da Física* estavam perfeitamente estabelecidas e geravam confiança para os pesquisadores, suas áreas como a mecânica, termodinâmica e eletromagnetismo aparentavam estar completamente prontas sem nada a acrescentar. Tínhamos como ‘pequenas nuvens cinzas’ na física o problema que ficou conhecido como catástrofe do ultravioleta e o problema do referencial da luz (que mais tarde esses dois problemas dariam origem a duas físicas totalmente novas: Mecânica Quântica e Relatividade).

A [catástrofe do ultravioleta](#) surgiu dos erros teóricos acerca da [radiação do corpo negro](#). Sabemos que todos os corpos com temperatura acima de 0 K emitem radiação na forma de ondas eletromagnéticas. Essa radiação possui uma intensidade máxima em certo comprimento de onda e fora desse pico máximo a intensidade de emissão diminui consideravelmente. As teorias da época falhavam a cerca desse experimento, sendo que havia uma divergência em relação ao decréscimo de intensidade, que para baixo comprimento de onda (radiação ultravioleta) a intensidade de emissão tendia ao infinito, por esse motivo, esse problema ficou conhecido como [catástrofe do ultravioleta](#).

# EFEITO FOTOELÉTRICO

UM E-BOOK PARA FACILITAR SEU ESTUDO

## A CONTRIBUIÇÃO DE MAX PLANCK

Para resolver o problema da catástrofe do ultravioleta, [Max Planck](#), em 1900, propôs que a energia trocada entre a radiação e a matéria se desse de maneira discreta, ou seja, de maneira quantizada. Dessa forma, essa energia não poderia assumir qualquer valor, mas sim, múltiplos inteiros de certo valor mínimo, que ficou conhecido como *quantum* de energia. Esse valor é dado pela Equação 1 abaixo.

$$E = h \cdot f \quad (\text{Equação 1})$$

Onde  $f$  é a frequência da radiação e  $h$  a constante de Planck ( $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{J} \cdot \text{s}$ ).

Com a inserção desse detalhe da energia, agora os gráficos teóricos convergiam para os dados experimentais. Dessa forma, o problema da radiação do corpo negro estava resolvido. Mas essa ideia não foi muito bem aceita de início, pois limitava valores de energia, e isso era algo totalmente diferente do “comum” da física. Max Planck mesmo, ao chegar nessa conclusão, comentou que isso era puramente matemático.



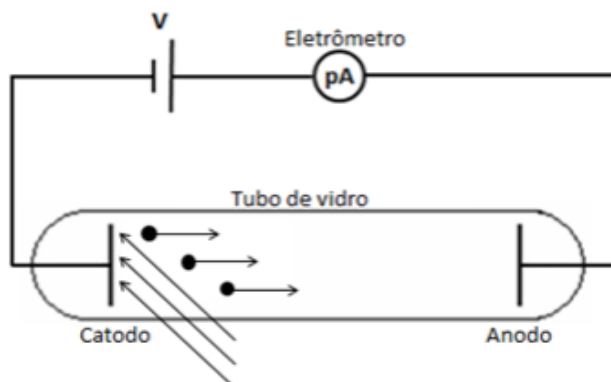
# EFEITO FOTOELÉTRICO

UM E-BOOK PARA FACILITAR SEU ESTUDO

## O EFEITO FOTOELÉTRICO E SEUS PROBLEMAS PELA VISTA DA FÍSICA CLÁSSICA

O efeito fotoelétrico, inicialmente descoberto por [Friedrich Hertz](#) e depois estudado com mais detalhes por [Philipp Lenard](#), consiste em ejetar elétrons de uma placa metálica a partir da emissão de uma luz de intensidade  $I$  e frequência  $f$ . O esquema para a montagem experimental do efeito fotoelétrico está na Figura 1. Os elétrons emitidos são atraídos pelo anodo (placa conectada ao polo positivo da bateria). Esse movimento dos elétrons produz uma corrente elétrica extremamente pequena, da ordem de  $10^{-12} A$  ( $pA$ ), medida usando-se eletrômetros.

Figura 6 – Esquema experimental do efeito fotoelétrico.



Fonte: Batista *et al.* (2021, p.05).

# EFEITO FOTOELÉTRICO

UM E-BOOK PARA FACILITAR SEU ESTUDO

O [efeito fotoelétrico](#) em si não contrária à mecânica quântica, mas alguns resultados não podiam ser explicados utilizando a mecânica clássica (física antes de 1900). Esses [problemas](#) eram:

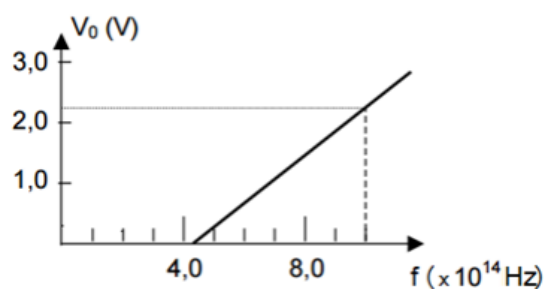
1) o porquê o tempo de os elétrons serem ejetados da placa e percorrerem um circuito elétrico não dependia na intensidade da luz incidente. Para a mecânica clássica, os elétrons eram ejetados pela interação entre os campos magnéticos e elétricos provenientes da radiação incidente e os elétrons. Essas partículas sentiriam uma agitação extra devido a incidência desses campos, que são proporcionais a intensidade da luz, e a partir de certa agitação conseguiriam escapar da estrutura do metal, podendo assim ser usados para percorrer um circuito elétrico. Dessa forma então, era previsto que com baixa intensidade de luz, os campos elétricos e magnéticos teriam baixa magnitude, fazendo assim os elétrons oscilarem menos e dessa forma demorarem mais tempo para serem ejetados.

# EFEITO FOTOELÉTRICO

UM E-BOOK PARA FACILITAR SEU ESTUDO

2) o porquê existia uma frequência mínima da luz incidente para arrancar elétrons, já que pela teoria clássica a energia da luz era dependente da intensidade da luz e não da frequência. Como explicado no item 1, os elétrons deveriam ser arrancados pela interação entre os campos magnéticos e elétricos com os elétrons. Dessa forma, a ejeção ou não dos elétrons teria relação direta com a intensidade luminosa e não com a frequência dessa radiação (cor da luz), que de início não teria relação alguma com a energia. O gráfico de uma superfície de sódio do potencial de stop em função da frequência está na Figura 2.

Figura 7 – Gráfico do potencial de stop em função da frequência para uma placa de sódio.



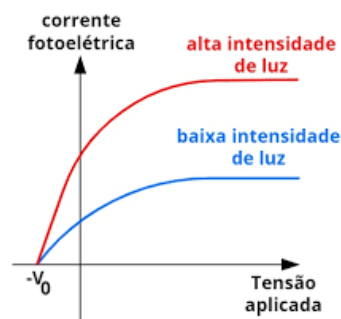
Fonte: Batista *et al.* (2021, p.06).

# EFEITO FOTOELÉTRICO

UM E-BOOK PARA FACILITAR SEU ESTUDO

3) o porquê o potencial de 'stop' não dependia da intensidade da luz incidente. Assim como explicado nos itens 1 e 2, a intensidade luminosa era para ter um papel importantíssimo na ejeção de elétrons. Aqui nesse ponto, quando os elétrons são arrancados, podemos aplicar uma diferença de potencial que gera um campo elétrico e conseqüentemente os elétrons ficam sujeitos a ação de uma força elétrica contrária ao seu deslocamento. Assim, essas partículas desaceleram, perdem energia e retornam a placa de origem. Era de se esperar que, quanto maior a radiação da luz incidente, maior seria a energia cinética com esses elétrons ejetados, conseqüentemente, uma diferença de potencial maior teria que ser aplicada para que esses elétrons freassem e retornassem a placa de origem e isso não foi verificado. Ao aumentar a intensidade luminosa o potencial de *stop* ficava inalterado. Esses problemas podem ser visualizados pela Figura 3 abaixo.

**Figura 8: Gráfico da corrente elétrica em função do potencial no efeito fotoelétrico.**



Fonte: Batista *et al.* (2021, p.05).



# EFEITO FOTOELÉTRICO

UM E-BOOK PARA FACILITAR SEU ESTUDO

## ALBERT EINSTEIN E SUAS CONTRIBUIÇÕES PARA O EFEITO FOTOELÉTRICO

[Albert Einstein](#), em 1905, formulou alguns postulados simples acerca do efeito fotoelétrico.

- 1) a luz é formada por pacotes de energia (fótons), onde a energia de cada fóton é proporcional a sua frequência.
- 2) a emissão de elétrons da placa metálica se dá na forma de 1 fóton pode arrancar apenas um elétron.
- 3) na “colisão” de um fóton e um elétron, o fóton ou ele entrega toda sua energia ao elétron ou não entrega nada.

Com esses postulados, todos os problemas do efeito fotoelétrico foram resolvidos, e ainda, como os resultados experimentais levavam a mesma constante que Planck havia proposto em um problema diferente, houve uma convergência de resultados o que deixa essa “nova” física mais forte.

O problema de o tempo de ejeção dos elétrons não depender da intensidade luminosa é resolvido pelo postulado escrito no item 2, onde tem-se que, basta apenas 1 fóton ser capaz de arrancar um elétron que já se tem corrente elétrica disponível no circuito.



## EFEITO FOTOELÉTRICO

UM E-BOOK PARA FACILITAR SEU ESTUDO

Dessa forma, a intensidade luminosa só aumentaria o número de fótons e conseqüentemente o número de elétrons ejetados, mas não alteraria o tempo de ejeção. O problema da frequência mínima é resolvido pelo item 1, já que agora a energia da luz tem relação direta com a frequência dela. Assim, certas frequências não são capazes de arrancar elétrons, mas a partir de certo valor (frequência de corte) já é possível o efeito fotoelétrico. E por fim, o problema do potencial de *stop*, se resolve da mesma forma, onde esse deve depender, agora, da frequência luminosa, e não da intensidade.

# EFEITO FOTOELÉTRICO

UM E-BOOK PARA FACILITAR SEU ESTUDO

## O EFEITO FOTOELÉTRICO EXPLICADO PELA FÍSICA MODERNA

O efeito fotoelétrico consiste na emissão de elétrons pela incidência de luz com determinada frequência. A partir dos postulados de Einstein, podemos equacionar esse feito. A energia cinética dos elétrons ejetados é dada pela Equação 2.

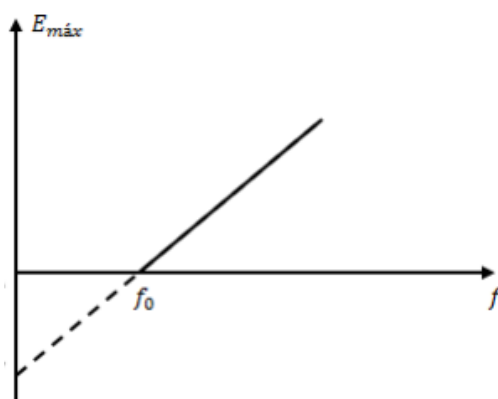
$$E_{C_{máx}} = hf - \phi \quad (\text{Equação 2})$$

Onde essa energia é máxima quando é arrancado os elétrons da superfície e para isso é gasto uma energia, denominada função trabalho ( $\phi$ ). Tem-se ainda que  $h$  é a constante de Planck e  $f$  a frequência da luz incidente. Ao construir um gráfico da energia cinética em função da frequência pode-se observar que o coeficiente angular da reta é numericamente igual a constante de Planck. A Figura 4 mostra esse gráfico.

# EFEITO FOTOELÉTRICO

UM E-BOOK PARA FACILITAR SEU ESTUDO

Figura 9 – Gráfico da energia cinética máxima em função da frequência no efeito fotoelétrico.



Fonte: Batista *et al.* (2021, p.08).

No caso mínimo, tem-se que a energia cinética tende a zero, então pode-se encontrar a frequência de corte ( $f_0$ ) do material pela Equação 3.

$$f_0 = \frac{\phi}{h} \quad (\text{Equação 3})$$



# EFEITO FOTOELÉTRICO

UM E-BOOK PARA FACILITAR SEU ESTUDO

Pode-se também equacionar o potencial de *stop* ( $V_{stop}$ ) necessário para que os elétrons ejetados retornem a placa de origem. A energia cinética de saída dos elétrons deve ser gasta em forma de trabalho da força elétrica ( $\tau = e \cdot V_{stop}$ ), onde  $e$  é a carga do elétron. Igualando essas energias e utilizando a Equação 3, pode-se chegar à Equação 4.

$$V_{stop} = \frac{h(f - f_0)}{e} \quad \text{(Equação 4)}$$

# EFEITO FOTOELÉTRICO

UM E-BOOK PARA FACILITAR SEU ESTUDO

## ROTEIRO PARA O USO DO SIMULADOR

Para o simulador, no computador/notebook, abrir o site *Phet Colorado* e pesquisar por efeito fotelétrico. Agora é só clicar no botão play para entrar no simulador, a Figura 1 mostra o passo a passo.

Figura 5 - Como abrir o simulador

**Efeito Fotoelétrico**



- Luz
- Mecânica Quântica
- Fótons

DOE

PHET é apoiada por



e educadores como você.

 **Java via CheerpJ:** Fizemos parceria com a Leaning Technologies para permitir que nossas Sims em Java sejam executadas em um navegador.

 Esta Sim não é compatível com iPads

[Requisitos e Recomendações de Sistema](#)

 **Versão Java:** Funciona *offline* e com melhor desempenho.

↓ **VERSÃO JAVA**

---

- ▶ SOBRE
- ▶ PARA PROFESSORES
- ▶ TRADUÇÕES
- ▶ REQUISITOS DE PROGRAMAS (SOFTWARE)
- ▶ CRÉDITOS

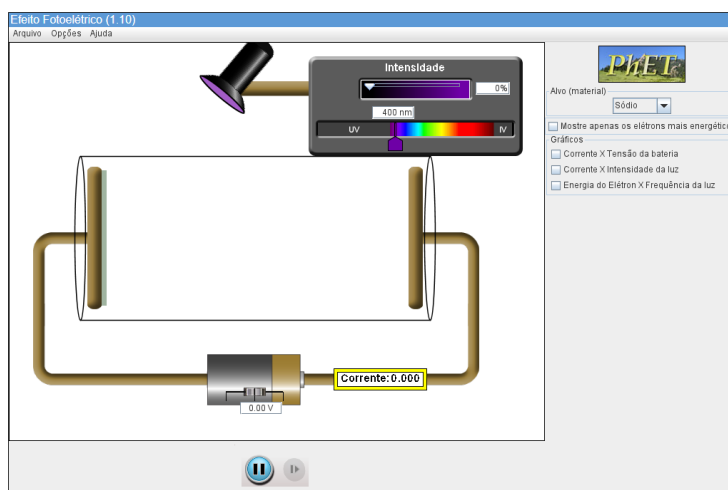
Fonte: Efeito (2022).

# EFEITO FOTOELÉTRICO

UM E-BOOK PARA FACILITAR SEU ESTUDO

Após clicar no link, aguarde alguns instantes o carregamento do simulador. Após carregado, abrirá uma tela igual a Figura 2 mostra.

**Figura 6 - Tela inicial do simulador**



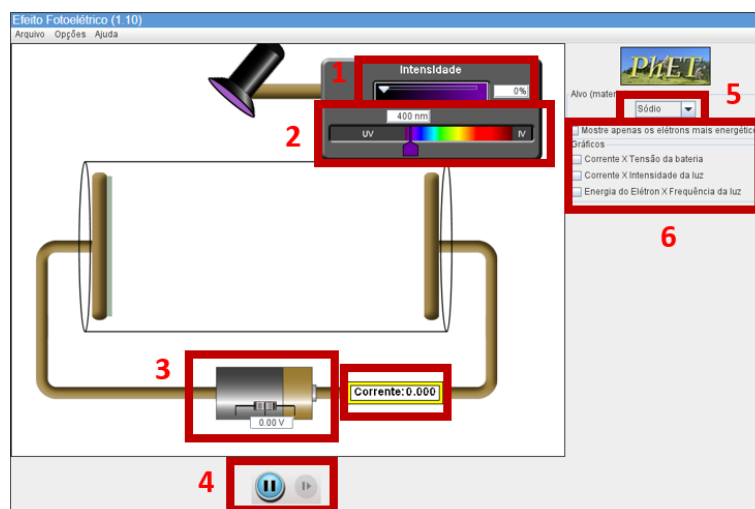
Fonte: Efeito (2022).

Nesse simulador podem-se configurar muitos parâmetros envolvidos no efeito fotoelétrico. Na Figura 3, tem uma indicação das configurações possíveis nesse simulador.

# EFEITO FOTOELÉTRICO

UM E-BOOK PARA FACILITAR SEU ESTUDO

Figura 7 - Botões do simulador



Fonte: Efeito (2022).

Na Figura 3, a caixa 1 representa a intensidade da luz emitida. Nessa caixa, pode-se alterar a intensidade luminosa de 0% (nada de luz) até 100% (luz máxima). A caixa 2 representa o comprimento de onda da luz incidente (pode-se pensar na “cor” da luz). Nessa caixa, pode-se alterar o comprimento de onda de 850 nm (faixa do infravermelho) até 100 nm (faixa do ultravioleta), também podemos entender como frequência, pois  $c = \lambda \cdot f$ . Na caixa 3, pode-se alterar a d.d.p. do circuito externo. Esse parâmetro é importante para perceber o potencial de corte. Nessa caixa, pode-se alterar a d.d.p. externa de -8,00 V até +8,00V. A caixa 4 representa o botão pausar e continuar a simulação.



# EFEITO FOTOELÉTRICO

UM E-BOOK PARA FACILITAR SEU ESTUDO

Esse botão é importante para professores que estão simulando com os alunos, e durante a explicação precisam pausar o experimento virtual para conversar com os alunos sobre algum conceito. Ainda nessa caixa tem um botão de continuar apenas um intervalo de tempo.

A caixa 5 representa o material da placa onde se quer arrancar os elétrons. Nessa caixa, podem-se escolher: Sódio, zinco, cobre, platina, cálcio e o magnésio. E por fim, a caixa 6 apresenta algumas opções de gráficos para o próprio simulador mostrar ao operante. Pode-se inserir os gráficos: Corrente x Tensão; Corrente x Intensidade da luz; Energia do elétron x Frequência da luz.

Inicialmente devemos estabelecer as condições iniciais do experimento:

- 1) Selecione o **sódio** como material a ser utilizado na placa metálica no interior do experimento, na caixa 5.
- 2) Coloque o cursor da frequência (comprimento de onda) no seu ponto médio (caixa 2).
- 3) Retire toda a luz que incide no experimento, ou seja, coloque o cursor da intensidade da luz na posição zero e anote o que acontece com a corrente elétrica no amperímetro.

# EFEITO FOTOELÉTRICO

UM E-BOOK PARA FACILITAR SEU ESTUDO

- 4) Agora regule o cursor da intensidade para o ponto médio e anote o que acontece com a corrente elétrica no amperímetro.
- 5) Regule o cursor da intensidade para a posição máxima e anote o que acontece com a corrente elétrica no amperímetro.
- 6) Discuta com seus colegas e chegue a uma conclusão sobre a relação existente entre o efeito fotoelétrico e a intensidade luminosa.
- 7) Coloque o cursor da intensidade na posição 5 (consideramos essa uma intensidade muito pequena). Verifique experimentalmente se o tempo necessário para surgir uma corrente elétrica no amperímetro é grande, pequeno ou muito pequeno. Registre o resultado experimental que você observou.
- 8) Com base na física clássica você pode explicar satisfatoriamente esse resultado experimental? Discuta com seu grupo e anote sua resposta.
- 9) Para garantir o fenômeno coloque o cursor da intensidade da luz na posição máxima. Lentamente diminua a frequência, variando o cursor do comprimento de onda do violeta até o vermelho. Registre suas observações.
- 10) Em seguida ainda com o cursor da intensidade da luz na posição máxima. Aumente lentamente a posição do cursor da frequência até chegar na posição máxima, ou seja, variando o cursor do comprimento de onda do vermelho até o violeta. Registre suas observações.

## EFEITO FOTOELÉTRICO

UM E-BOOK PARA FACILITAR SEU ESTUDO

- 11) Agora coloque o cursor da intensidade da luz em outra posição qualquer diferente de zero. Varie lentamente a posição do cursor do comprimento de onda do violeta até o vermelho. Registre suas observações.
- 12) Selecione agora outro material a ser utilizado na placa metálica no interior do experimento.
- 13) Fixe o cursor da frequência (comprimento de onda) no ponto médio e varie o cursor da intensidade da luz de zero até seu valor máximo. Registre o resultado experimental encontrado.
- 14) Fixe o cursor da intensidade da luz no ponto médio e varie o cursor da intensidade da frequência do vermelho até o violeta. Registre o resultado experimental encontrado.
- 15) O que aconteceu com o valor da frequência de corte quando alteramos o material da placa metálica?
- 17) Tomando como base seus resultados experimentais, explique como funciona o efeito fotoelétrico.

# EFEITO FOTOELÉTRICO

UM E-BOOK PARA FACILITAR SEU ESTUDO

## APLICAÇÕES DO EFEITO FOTOELÉTRICO NA TECNOLOGIA ATUAL

O efeito fotoelétrico se aplica em várias áreas da tecnologia atual. A principal aplicação está no uso da energia solar. Com a incidência da luz solar, que é uma luz de alta frequência, elétrons podem ser ejetados e isso pode ser usado para a conversão em energia elétrica. Também é aplicado em sensores de presença, como por exemplo, portas automáticas.

Atualmente as células fotoelétricas, ou fotocélulas, tem ampla utilização em diversos circuitos elétricos. Um exemplo bastante cotidiano é o controle remoto. A filmadora portátil de vídeo, por exemplo, que basicamente é uma estação de televisão compacta, também utiliza os dispositivos fotoelétricos.

Foi o efeito fotoelétrico que viabilizou o cinema falado, assim como a transmissão de imagens na televisão. Os aparelhos baseados nesse efeito controlam o tamanho das peças melhor do que qualquer operário.

Outra aplicação deste tema é o alarme contra ladrão. Um feixe de luz ao atingir uma superfície sensível faz com que elétrons sejam arrancados e conseqüentemente atraídos por um ânodo, assim um circuito adequado se fecha e um interruptor com alarme permanece desligado.





## EFEITO FOTOELÉTRICO

UM E-BOOK PARA FACILITAR SEU ESTUDO

Quando esse feixe de luz é interrompido, no caso pelo ladrão, a corrente deixa de passar no circuito, fazendo assim o alarme ser disparado.

# EFEITO FOTOELÉTRICO

UM E-BOOK PARA FACILITAR SEU ESTUDO

## Exercícios

**1. (PUC – RS)** A escolha do ano de 2005 como o Ano Mundial da Física teve como um de seus objetivos a comemoração do centenário da publicação dos primeiros trabalhos de Albert Einstein. No entanto, é importante salientar que muitos outros cientistas contribuíram para o excepcional desenvolvimento da Física no século passado.

Entre eles cabe destacar Max Planck, o qual, em 1900, propôs a teoria da quantização da energia. Segundo esta teoria, um corpo negro irradia energia de forma \_\_\_\_\_, em porções que são chamadas de \_\_\_\_\_, cuja energia é proporcional à \_\_\_\_\_ da radiação eletromagnética envolvida nessa troca de energia. A sequência de termos que preenche corretamente as lacunas do texto é

- a) descontínua -prótons –frequência
- b) contínua -prótons –amplitude
- c) descontínua -fótons –frequência
- d) contínua -fótons –amplitude
- e) descontínua -elétrons –frequência

**2. (UFRS)** Assinale a alternativa que preenche corretamente a lacuna do parágrafo abaixo.

O ano de 1900 pode ser considerado o marco inicial de uma revolução ocorrida na Física do século XX. Naquele ano, Max Planck apresentou um artigo à Sociedade Alemã de Física, introduzindo a ideia da ..... da energia, da qual Einstein se valeu para, em 1905, desenvolver sua teoria sobre o efeito fotoelétrico.

- a) conservação
- b) quantização
- c) transformação
- d) conversão
- e) propagação

## EFEITO FOTOELÉTRICO

UM E-BOOK PARA FACILITAR SEU ESTUDO

**3. (PUC – RS)** Um feixe de luz incide em uma lâmina de metal, provocando a emissão de alguns elétrons. A respeito desse fenômeno, denominado de efeito fotoelétrico, é correto afirmar que:

- a) qualquer que seja a frequência da luz incidente, é possível que sejam arrancados elétrons do metal.
- b) quaisquer que sejam a frequência e a intensidade da luz, os elétrons são emitidos com a mesma energia cinética.
- c) quanto maior a intensidade da luz de uma determinada frequência incidindo sobre o metal, maiores são as energias com que os elétrons abandonam o metal.
- d) quanto maior a frequência da luz de uma determinada intensidade incidindo sobre o metal, maiores são as energias com que os elétrons abandonam o metal.
- e) quanto maior a frequência da luz de uma determinada intensidade incidindo sobre o metal, mais elétrons abandonam o metal.

**4. (UEPA)** As afirmações abaixo referem-se ao efeito fotoelétrico:

I-Quando se aumenta apenas a intensidade da luz na superfície fotoelétrica, o número de elétrons emitidos por unidade de tempo aumenta.

II-É necessária uma energia mínima dos fótons da luz incidente, para arrancar os elétrons do metal que constitui uma fotocélula.

III-O efeito fotoelétrico parte do pressuposto de que a energia da luz é quantizada.

IV-Quanto maior o comprimento de onda da luz, tanto menor a energia do fóton. Pode-se afirmar que:

- a) apenas a I e a IV são verdadeiras.
- b) todas estão corretas.
- c) apenas a I e a III são verdadeiras.
- d) apenas a III e a IV são verdadeiras.
- e) todas são falsas.

# EFEITO FOTOELÉTRICO

UM E-BOOK PARA FACILITAR SEU ESTUDO

**5. (UFRS)** Selecione a alternativa que apresenta as palavras que completam corretamente as lacunas, pela ordem, no seguinte texto relacionado com o efeito fotoelétrico. O efeito fotoelétrico, isto é, a emissão de \_\_\_\_\_ por metais sob a ação da luz, é um experimento dentro de um contexto físico extremamente rico, incluindo a oportunidade de pensar sobre o funcionamento do equipamento que leva à evidência experimental relacionada com a emissão e a energia dessas partículas, bem como a oportunidade de entender a inadequacidade da visão clássica do fenômeno. Em 1905, ao analisar esse efeito, Einstein fez a suposição revolucionária de que a luz, até então considerada como um fenômeno ondulatório, poderia também ser concebida como constituída por conteúdos energéticos que obedecem a uma distribuição \_\_\_\_\_, os quanta de luz, mais tarde denominados \_\_\_\_\_.

- a) fótons – contínua – fótons
- b) fótons – contínua – elétrons
- c) elétrons – discreta – fótons
- d) elétrons – discreta – elétrons

**6. (UEM – PR)** Assinale o que for correto sobre a natureza corpuscular e ondulatória da luz (dualidade onda partícula).

01) A natureza corpuscular da luz é demonstrada por difração, interferência e polarização.

02) A natureza ondulatória da luz é demonstrada pelo efeito fotoelétrico.

04) No efeito fotoelétrico, um elétron na superfície de um metal pode ser arrancado se um fóton com energia maior que a energia que prende o elétron à rede do metal transferir sua energia para o elétron.

08) No efeito fotoelétrico, um elétron sempre poderá ser arrancado da superfície do metal se a intensidade da luz for aumentada, independentemente da energia do fóton.

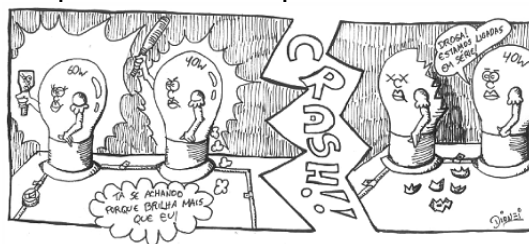
16) No efeito fotoelétrico, é possível aumentar o número de elétrons ejetados do metal se a intensidade da luz for aumentada.



# EFEITO FOTOELÉTRICO

UM E-BOOK PARA FACILITAR SEU ESTUDO

7. (UEL – PR) Considere que as lâmpadas descritas na charge emitem luz amarela que incide na superfície de uma placa metálica colocada próxima a elas.



(Disponível em: <<http://tirinhasdefisica.blogspot.com.br/>>. Acesso em: 27 abr. 2016.)

Com base nos conhecimentos sobre o efeito fotoelétrico, assinale a alternativa correta.

- a) A quantidade de energia absorvida por um elétron que escapa da superfície metálica é denominada de fótons e tem o mesmo valor para qualquer metal.
- b) Se a intensidade luminosa for alta e a frequência da luz incidente for menor que a frequência-limite, ou de corte, o efeito fotoelétrico deve ocorrer na placa metálica.
- c) Se a frequência da luz incidente for menor do que a frequência-limite, ou de corte, nenhum elétron da superfície metálica será emitido.
- d) Quando a luz incide sobre a superfície metálica, os núcleos atômicos próximos da superfície absorvem energia suficiente e escapam para o espaço.
- e) Quanto maior for a função trabalho da superfície metálica, menor deverá ser a frequência-limite, ou de corte, necessária para a emissão de elétrons.

8. (UEM – PR) Assinale a(s) proposição(ões) correta(s):

- 01) a luz, em certas interações com a matéria, comporta-se como uma onda eletromagnética; em outras interações ela se comporta como partícula, como os fótons no efeito fotoelétrico.
- 02) a difração e a interferência são fenômenos que somente podem ser explicados satisfatoriamente por meio do comportamento ondulatório da luz.
- 04) o efeito fotoelétrico somente pode ser explicado satisfatoriamente quando consideramos a luz formada por partículas, os fótons.
- 08) o efeito fotoelétrico é consequência do comportamento ondulatório da luz.
- 16) devido à alta frequência da luz violeta, o “fóton violeta” é mais energético do que o “fóton vermelho”.

# EFEITO FOTOELÉTRICO

UM E-BOOK PARA FACILITAR SEU ESTUDO

**9. (UEM – PR)** Em seu trabalho inicial sobre a hipótese da existência dos quanta de energia, Einstein escreveu: “De fato, parece-me que as observações da ‘radiação de corpo negro’, fotoluminescência, produção de raios catódicos por luz ultravioleta e outros fenômenos associados à emissão ou transformação da luz podem ser facilmente entendidas se admitirmos que a energia da luz é distribuída de forma descontínua no espaço. De acordo com a hipótese aqui considerada, na propagação de um raio de luz emitido por uma fonte puntiforme, a energia não é continuamente distribuída sobre volumes cada vez maiores de espaço, mas consiste em um número finito de quanta de energia, localizados em pontos do espaço que se movem sem se dividir e que podem ser absorvidos ou gerados somente como unidades integrais.” (EINSTEIN, A. Sobre um ponto de vista heurístico a respeito da produção e transformação da luz. *Annalen der Physik*, v. 17, p. 132-148, 1905. In: STACHEL, J. (org.). *O ano miraculoso de Einstein: cinco artigos que mudaram a face da física*. Rio de Janeiro: Editora da UFRJ, 2001, p. 202). Em relação ao conceito de quantum de energia apresentado, assinale o que for correto.

01) Ao empregar o conceito de quantum de energia, Einstein foi capaz de entender melhor apenas o fenômeno conhecido como efeito fotoelétrico.

02) O quantum de energia é inversamente proporcional ao comprimento de onda da luz emitida por uma fonte puntiforme.

04) A constante de proporcionalidade entre a energia e a frequência correspondentes a um quantum de luz é a constante de Planck.

08) Para que no efeito fotoelétrico ocorra a remoção de um elétron de condução, a energia transferida pelo quantum de luz ao elétron do material atingido deve ser maior do que a função trabalho desse material.

16) A explicação fornecida por Einstein para o efeito fotoelétrico levou cientistas a reverem o modelo ondulatório da luz vigente até então.



# EFEITO FOTOELÉTRICO

UM E-BOOK PARA FACILITAR SEU ESTUDO

## RESOLUÇÃO COMENTADA DOS EXERCÍCIOS

Para facilitar o entendimento dos alunos as resoluções foram feitas em vídeos. Seguem o link abaixo para os vídeos.

Questão 1 a 6: [https://youtu.be/bmZifWx8\\_Es](https://youtu.be/bmZifWx8_Es)

Questão 7 a 9: [https://youtu.be/EHLY\\_pgw7hs](https://youtu.be/EHLY_pgw7hs)

# EFEITO FOTOELÉTRICO

UM E-BOOK PARA FACILITAR SEU ESTUDO

## REFERÊNCIAS

BATISTA, D. C. **Uma proposta para se ensinar efeito fotoelétrico no ensino médio**. 2016. Dissertação (Mestrado Profissional de Ensino de Física) - Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campo Mourão, 2016.

BATISTA, D. C.; BATISTA, M. C; FUSINATO, P. A.; SANTOS, O. R. Atividade experimental para o ensino de física: efeito fotoelétrico. **Caderno de Física** da UEFS 19 (01): 1403.1-15, 2021.

EFEITO fotoelétrico. **PhET – Physics education technology**. Disponível em: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulations/photoelectric](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/photoelectric). Acesso em: 17 de abril de 2022

EISBERG, R., RESNICK, R. **Física Quântica**. Campus, Rio de Janeiro, 1986.

GASPAR, A., **Física: eletromagnetismo e física moderna – volume 3**. Ática, São Paulo, 2013. Física: Eletromagnetismo e Física Moderna – volume 3. Manual do Professor. Ática, São Paulo, 2013.

HELOU, GUALTER E NEWTON. **Tópicos de física**, Vol. 03, 16ª Ed. Editora Saraiva, 2012.

TAYLOR, J. F.; ZAFIRATOS, C. **Modern physics for scientist and engineers** New Jersey: Prentice-Hall, 2003.



## **APÊNDICE 2- QUESTIONÁRIO**

Nome: \_\_\_\_\_

Turma: \_\_\_\_\_

## Questionário

---

1. Você conhece Albert Einstein? Se sim, por qual teoria?

---

---

---

2. Albert Einstein ganhou algum prêmio Nobel? Se sim, por qual teoria?

---

---

---

3. Você já ouviu falar sobre o efeito fotoelétrico? Se sim, descreva-o.

---

---

---

4. No efeito fotoelétrico, qual a função da frequência da luz incidente e qual a função da intensidade da luz emitida?

---

---

---

5. Qual a principal fonte de energia brasileira atualmente (2021)?

---

---

---

6. Cite exemplos de energias renováveis que podem melhorar a situação energética do Brasil.

---

---

---

7. Descreva como funciona a captação de energia solar.

---

---

---

## Exercícios

**1. (PUC – RS)** A escolha do ano de 2005 como o Ano Mundial da Física teve como um de seus objetivos a comemoração do centenário da publicação dos primeiros trabalhos de Albert Einstein. No entanto, é importante salientar que muitos outros cientistas contribuíram para o excepcional desenvolvimento da Física no século passado.

Entre eles cabe destacar Max Planck, o qual, em 1900, propôs a teoria da quantização da energia. Segundo esta teoria, um corpo negro irradia energia de forma \_\_\_\_\_, em porções que são chamadas de \_\_\_\_\_, cuja energia é proporcional à \_\_\_\_\_ da radiação eletromagnética envolvida nessa troca de energia. A sequência de termos que preenche corretamente as lacunas do texto é

- a) descontínua -prótons –frequência
- b) contínua -prótons –amplitude
- c) descontínua -fótons –frequência
- d) contínua -fótons –amplitude
- e) descontínua -elétrons –frequência

**2. (UFRS)** Assinale a alternativa que preenche corretamente a lacuna do parágrafo abaixo.

O ano de 1900 pode ser considerado o marco inicial de uma revolução ocorrida na Física do século XX. Naquele ano, Max Planck apresentou um artigo à Sociedade Alemã de Física, introduzindo a ideia da ..... da energia, da qual Einstein se valeu para, em 1905, desenvolver sua teoria sobre o efeito fotoelétrico.

- a) conservação
- b) quantização
- c) transformação
- d) conversão
- e) propagação

**3. (PUC – RS)** Um feixe de luz incide em uma lâmina de metal, provocando a emissão de alguns elétrons. A respeito desse fenômeno, denominado de efeito fotoelétrico, é correto afirmar que

- a) qualquer que seja a frequência da luz incidente, é possível que sejam arrancados elétrons do metal.
- b) quaisquer que sejam a frequência e a intensidade da luz, os elétrons são emitidos com a mesma energia cinética.

- c) quanto maior a intensidade da luz de uma determinada frequência incidindo sobre o metal, maiores são as energias com que os elétrons abandonam o metal.
- d) quanto maior a frequência da luz de uma determinada intensidade incidindo sobre o metal, maiores são as energias com que os elétrons abandonam o metal.
- e) quanto maior a frequência da luz de uma determinada intensidade incidindo sobre o metal, mais elétrons abandonam o metal.

**4. (UEPA)** As afirmações abaixo referem-se ao efeito fotoelétrico:

I-Quando se aumenta apenas a intensidade da luz na superfície fotoelétrica, o número de elétrons emitidos por unidade de tempo aumenta.

II-É necessária uma energia mínima dos fótons da luz incidente, para arrancar os elétrons do metal que constitui uma fotocélula.

III-O efeito fotoelétrico parte do pressuposto de que a energia da luz é quantizada.

IV-Quanto maior o comprimento de onda da luz, tanto menor a energia do fóton.

Pode-se afirmar que:

- a) apenas a I e a IV são verdadeiras.
- b) todas estão corretas.
- c) apenas a I e a III são verdadeiras.
- d) apenas a III e a IV são verdadeiras.
- e) todas são falsas.

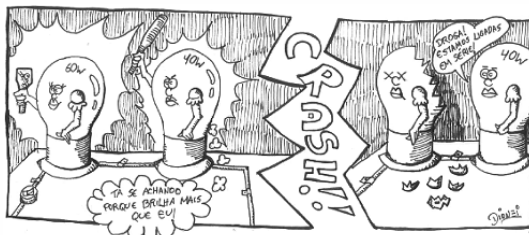
5. (UFRS) Selecione a alternativa que apresenta as palavras que completam corretamente as lacunas, pela ordem, no seguinte texto relacionado com o efeito fotoelétrico. O efeito fotoelétrico, isto é, a emissão de \_\_\_\_\_ por metais sob a ação da luz, é um experimento dentro de um contexto físico extremamente rico, incluindo a oportunidade de pensar sobre o funcionamento do equipamento que leva à evidência experimental relacionada com a emissão e a energia dessas partículas, bem como a oportunidade de entender a inadequacidade da visão clássica do fenômeno. Em 1905, ao analisar esse efeito, Einstein fez a suposição revolucionária de que a luz, até então considerada como um fenômeno ondulatório, poderia também ser concebida como constituída por conteúdos energéticos que obedecem a uma distribuição \_\_\_\_\_, os quanta de luz, mais tarde denominados \_\_\_\_\_.

- a) fótons – contínua – fótons
- b) fótons – contínua – elétrons
- c) elétrons – discreta – fótons
- d) elétrons – discreta – elétrons

6. (UEM – PR) Assinale o que for correto sobre a natureza corpuscular e ondulatória da luz (dualidade onda partícula).

- 01) A natureza corpuscular da luz é demonstrada por difração, interferência e polarização.
- 02) A natureza ondulatória da luz é demonstrada pelo efeito fotoelétrico.
- 04) No efeito fotoelétrico, um elétron na superfície de um metal pode ser arrancado se um fóton com energia maior que a energia que prende o elétron à rede do metal transferir sua energia para o elétron.
- 08) No efeito fotoelétrico, um elétron sempre poderá ser arrancado da superfície do metal se a intensidade da luz for aumentada, independentemente da energia do fóton.
- 16) No efeito fotoelétrico, é possível aumentar o número de elétrons ejetados do metal se a intensidade da luz for aumentada.

7. (UEL – PR) Considere que as lâmpadas descritas na charge emitem luz amarela que incide na superfície de uma placa metálica colocada próxima a elas.



[Disponível em: <<http://tirinhasdefisica.blogspot.com.br/>>. Acesso em: 27 abr. 2016.]

Com base nos conhecimentos sobre o efeito fotoelétrico, assinale a alternativa correta.

- a) A quantidade de energia absorvida por um elétron que escapa da superfície metálica é denominada de fótons e tem o mesmo valor para qualquer metal.
- b) Se a intensidade luminosa for alta e a frequência da luz incidente for menor que a frequência-limite, ou de corte, o efeito fotoelétrico deve ocorrer na placa metálica.
- c) Se a frequência da luz incidente for menor do que a frequência-limite, ou de corte, nenhum elétron da superfície metálica será emitido.
- d) Quando a luz incide sobre a superfície metálica, os núcleos atômicos próximos da superfície absorvem energia suficiente e escapam para o espaço.
- e) Quanto maior for a função trabalho da superfície metálica, menor deverá ser a frequência-limite, ou de corte, necessária para a emissão de elétrons.

**8. (UEM – PR)** Assinale a(s) proposição(ões) correta(s):

- 01) a luz, em certas interações com a matéria, comporta-se como uma onda eletromagnética; em outras interações ela se comporta como partícula, como os fótons no efeito fotoelétrico.
- 02) a difração e a interferência são fenômenos que somente podem ser explicados satisfatoriamente por meio do comportamento ondulatório da luz.
- 04) o efeito fotoelétrico somente pode ser explicado satisfatoriamente quando consideramos a luz formada por partículas, os fótons.
- 08) o efeito fotoelétrico é consequência do comportamento ondulatório da luz.
- 16) devido à alta frequência da luz violeta, o “fóton violeta” é mais energético do que o “fóton vermelho”.

**9. (UEM – PR)** Em seu trabalho inicial sobre a hipótese da existência dos quanta de energia, Einstein escreveu: “De fato, parece-me que as observações da ‘radiação de corpo negro’, fotoluminescência, produção de raios catódicos por luz ultravioleta e outros fenômenos associados à emissão ou transformação da luz podem ser facilmente entendidas se admitirmos que a energia da luz é distribuída de forma descontínua no espaço. De acordo com a hipótese aqui considerada, na propagação de um raio de luz emitido por uma fonte puntiforme, a energia não é continuamente distribuída sobre volumes cada vez maiores de espaço, mas consiste em um número finito de quanta de energia, localizados em pontos do espaço que se movem sem se dividir e que podem ser absorvidos ou gerados somente como unidades integrais.” (EINSTEIN, A. Sobre um ponto de vista heurístico a respeito da produção e transformação da luz. *Annalen der Physik*, v. 17, p. 132-148, 1905. In: STACHEL, J. (org.). *O ano miraculoso de Einstein: cinco artigos que mudaram a face da física*. Rio de Janeiro: Editora da UFRJ, 2001, p. 202). Em relação ao conceito de quantum de energia apresentado, assinale o que for correto.

- 01) Ao empregar o conceito de quantum de energia, Einstein foi capaz de entender melhor apenas o fenômeno conhecido como efeito fotoelétrico.
- 02) O quantum de energia é inversamente proporcional ao comprimento de onda da luz emitida por uma fonte puntiforme.
- 04) A constante de proporcionalidade entre a energia e a frequência correspondentes a um quantum de luz é a constante de Planck.
- 08) Para que no efeito fotoelétrico ocorra a remoção de um elétron de condução, a energia transferida pelo quantum de luz ao elétron do material atingido deve ser maior do que a função trabalho desse material.
- 16) A explicação fornecida por Einstein para o efeito fotoelétrico levou cientistas a reverem o modelo ondulatório da luz vigente até então.