

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE FÍSICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA  
CAMPUS MEDIANEIRA**

**ROSEMERI INES KUNRATH**

**ESTRATÉGIAS DE ENSINO-APRENDIZAGEM NA COMPREENSÃO DA  
DUALIDADE DA LUZ**

**MEDIANEIRA  
2018**



**PRODUTO EDUCACIONAL:**  
ESTRATÉGIAS DE ENSINO-APRENDIZAGEM NA COMPREENSÃO DA  
DUALIDADE DA LUZ

Rosemeri Ines Kunrath

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Medianeira no Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Camila Tonezer

MEDIANEIRA  
Maio 2018

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Aplicação do Efeito Fotoelétrico.....	9
Figura 2: Experiência para o Efeito Fotoelétrico.....	10
Figura 3: Difração da Luz. ....	10
Figura 4: Dualidade onda-partícula. ....	11
Figura 5: Feixe de elétrons passando por fendas .....	12
Figura 6: Série didática produzida em 1984 para a TV educativa pública da província de Ontário, no Canadá, TVO .....	13

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Valores de comprimento de onda, frequência e energia da radiação .....	19
Tabela 2: Valores de comprimento de onda e da corrente elétrica para a frequência do infravermelho .....	20
Tabela 3: Valores de comprimento de onda e da corrente elétrica para a frequência do infravermelho para o potencial de 8,00 volt .....	21
Tabela 4 : Valores da resistência elétrica para três comprimentos de onda ....	24

## SUMÁRIO

Lista de Figuras.....	iii
Lista de Tabelas.....	iv
Apresentação.....	6
Aula 1 da Sequência Didática.....	7
Aula 2 da Sequência Didática.....	13
Aula 3 da Sequência Didática.....	16
Roteiro do simulador para Interferência de Onda.....	17
Roteiro do simulador para o Efeito Fotoelétrico.....	19
Aula 4 da Sequência Didática.....	22
Relatório para o experimento demonstrativo.....	24
Referências Bibliográficas.....	26

## APRESENTAÇÃO

Neste manual o educador encontrará as instruções necessárias para fazer uso da sequência didática Compreensão da Dualidade da Luz. A sequência didática é o produto educacional apresentada como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Medianeira no curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), ofertado pela Sociedade Brasileira de Física.

O objetivo desta sequência didática é apresentar uma proposta que, através do estudo da Natureza da Luz, buscar introduzir de forma concreta no Ensino Médio, a Física Moderna, compreendendo fenômenos da interação entre radiação e a matéria fazendo a ligação com os conceitos clássicos de Óptica e Ondulatória. A proposta desta intervenção está pautada na teoria de aprendizagem por David Ausubel, a Aprendizagem Significativa, como afirma Moreira (2000, p.5), “o aprendiz não é um receptor passivo. Ele deve fazer uso dos significados que já internalizou, de maneira substantiva e não arbitrária, para poder captar os significados dos materiais educativos”.

A sequência didática foi dividida em 4 aulas, de 50 minutos cada, e apresentada através de projeção de slides. A sequência didática foi elaborada para ser aplicada na 3ª série do Ensino Médio, no início do 3º trimestre. As aulas foram muito dialógicas, com intensa participação dos educandos.

Esperamos, com essa sequência didática, auxiliar os professores que desejam aplicar temas referente à introdução da Física Quântica e Física Moderna.

A seguir estará disponível as aulas da sequência didática distribuídas por *slides*, e todas as orientações para o seu desenvolvimento.

## 1. Aula 1 da Sequência Didática



Fonte: Próprio autor

Inicialmente, explique o objetivo da aula, enfatizando a duração da sequência didática, relate as atividades que serão realizadas em todo o período. Crie uma boa expectativa para as atividades futuras.

Pergunte para os alunos: o que é a luz? Após isso, passe para o próximo slide.



Fonte: Próprio autor

Inicie a primeira aula com as perguntas: como ocorre o funcionamento das portas de shoppings que se abrem sozinhas? Como um sistema de iluminação pode acender e apagar sozinho? A pergunta busca explicitar o primeiro entendimento que o aluno possui sobre o funcionamento dessas tecnologias e a partir daí, criar a necessidade de estudos para compreender a demanda colocada. Após a pergunta, escute as respostas dos alunos e inicie um diálogo.



Fonte: Próprio autor

Será realizado um questionário, referente a aprendizagem de Física com enfoque no tema dualidade da luz onda-partícula. Tendo como objetivo verificar o nível de conhecimentos prévios de cada aluno sobre luz e o seu comportamento dual. Algumas questões sobre o efeito fotoelétrico e a dupla fenda serão abordadas, possibilitando deste modo a aplicação dos conceitos sobre a luz existente na concepção do aluno.



## ANEXO I

QUESTIONAMENTOS PARA OS ALUNOS DO TERCEIRO ANO DO ENSINO MÉDIO REFERENTE A APRENDIZAGEM DE FÍSICA COM ENFOQUE NO TEMA DUALIDADE DA LUZ ONDA-PARTÍCULA.

1. Descreva, de acordo com seu conhecimento, o que é luz?
2. Descreva, de acordo com seu conhecimento, o que é uma onda?
3. Descreva, de acordo com seu conhecimento, o que é uma partícula?
4. Descreva, de acordo com seu conhecimento, o que é o caráter dual da luz?

5. 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 – contínua – fótons
- d) elétrons – discreta – elétrons
- e) elétrons – discreta – fótons

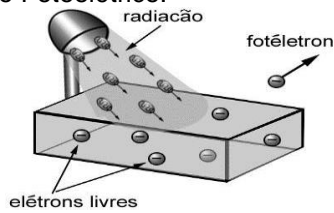
Figura 1: Aplicação do Efeito Fotoelétrico.



Fonte: <http://fisicaevestibular.com.br/novo/fisica-moderna/efeito-fotoeletrico-2/>

6. A figura abaixo descreve o efeito fotoelétrico.

Figura 1: Experiência para o Efeito Fotoelétrico.



Fonte: <https://alemdainercia.wordpress.com/2016/02/23/fisica-quantica-efeito-fotoeletrico/>

Esse experimento contribuiu para a descoberta da:

- a) dualidade onda-partícula da luz.
- b) energia de ionização dos metais.
- c) emissão contínua de radiação por um corpo aquecido.
- d) descrição da ligação química entre elementos metálicos.

7. O efeito fotoelétrico é um fenômeno pelo qual:

Figura 2: Difração da Luz.



Fonte:

<http://fisicaevestibular.com.br/novo/fisica-moderna/efeito-fotoeletrico-2>

- a) elétrons são arrancados de certas superfícies quando há incidência de luz sobre elas.
- b) as lâmpadas incandescentes comuns emitem um brilho forte.
- c) as correntes elétricas podem emitir luz.
- d) as correntes elétricas podem ser fotografadas.
- e) a fissão nuclear pode ser explicada.

8. Considere as seguintes afirmações sobre o efeito fotoelétrico.

- I. O efeito fotoelétrico consiste na emissão de elétrons por uma superfície metálica atingida por radiação eletromagnética.
- II. O efeito fotoelétrico pode ser explicado satisfatoriamente com a adoção de um modelo corpuscular para a luz.
- III. Uma superfície metálica fotossensível somente emite fotoelétrons quando a frequência da luz incidente nessa superfície excede um certo valor mínimo, que depende do metal.

Quais estão corretas?

- a) apenas I.
- b) apenas II.
- c) apenas I e II.
- d) apenas I e III.
- e) I, II e III.

9. 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”.

Dê como resposta a soma das alternativas corretas.

10. Leia a tirinha a seguir.

Figura 3: Dualidade onda-partícula.



Fonte: <http://fisicaevestibular.com.br/novo/fisica-moderna/efeito-fotoeletrico-2>

Para validar a proposta do analista, ocorrência da dualidade onda-partícula, o senhor Fóton deve ser capaz de sofrer

- a) interferência e refração.
- b) interferência e polarização.
- c) difração e efeito fotoelétrico.
- d) efeitos fotoelétrico e Compton.

11. Entre as inovações da Física que surgiram no início do século XX, uma foi o estabelecimento da teoria \_\_\_\_\_, que procurou explicar o surpreendente resultado apresentado pela radiação e pela matéria conhecido como dualidade entre \_\_\_\_\_ e ondas. Assim, quando se faz um feixe de elétrons passar por uma fenda de largura micrométrica, o efeito observado é o comportamento \_\_\_\_\_ da matéria, e quando fazemos um feixe de luz incidir sobre uma placa metálica, o efeito observado pode ser explicado considerando a luz como um feixe de \_\_\_\_\_ .

Figura 4: Feixe de elétrons passando por fendas.



Fonte: <http://fisicaevestibular.com.br/novo/fisica-moderna/efeito-fotoeletrico-2>

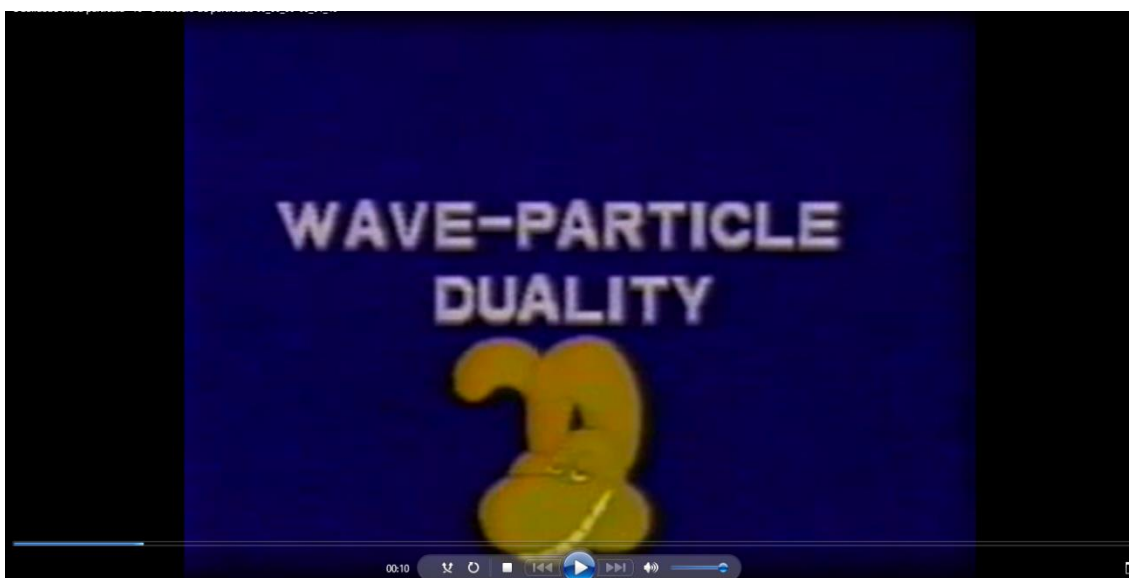
Assinale a alternativa que apresenta a sequência correta de palavras para o preenchimento das lacunas nas frases acima.

- a) Relativística – partículas – ondulatório – partículas.
- b) Atomística – radiação – rígido – ondas.
- c) Quântica – partículas – ondulatório – partículas.
- d) Relativística – radiação – caótico – ondas.
- e) Quântica – partículas – ondulatório – ondas.

## Aula 2 da Sequência Didática

Após o questionário será feita a explanação do conteúdo utilizando simultaneamente vídeos e recortes de alguns vídeos, figura 6 que foram obtidos a partir de uma série didática produzida em 1984 para a TV educativa pública da província de Ontário, no Canadá, TVO, no qual, relacionam as teorias corpuscular e ondularia.

Figura 6: Série didática produzida em 1984 para a TV educativa pública da província de Ontário, no Canadá, TVO



Fonte: <https://youtu.be/0Zrxulhtsak/>

### O modelo de Partícula

1. Vídeo 1: <https://youtu.be/47PaHlIG0Dw/>, tempo de 1minuto e 40 segundos;
2. Vídeo 2: <https://youtu.be/k5vo3HzAjM>, tempo de 1 minuto;
3. Vídeo 3: <https://youtu.be/cNiKdp2EyKE/>, tempo de 1minuto e 35 segundos.

## LUZ COMO PARTÍCULA

Questionamento para o primeiro vídeo: Quais as conclusões para a existência da luz?

Questionamento para o segundo vídeo: Qual a suposição de Newton para as partículas de luz na sua trajetória?

Questionamento para o terceiro vídeo: Segundo Newton, qual era a explicação para a separação da luz branca em raio de luz de cores diferentes?

Fonte: Próprio autor

Após assistir aos vídeos fazer os questionamentos acima, e debater com as perguntas que surgem no decorrer dos vídeos.

O modelo ondulatório

Vídeo 4: <https://youtu.be/4aG6Lf4X6i0/>, tempo de 2 minutos e 50 segundos

## LUZ COMO ONDA

Questionamento para o quarto vídeo: Ondas necessitam de meios para se propagar. Em que meio as ondas de luz se propagavam?

Questionamento para o quarto vídeo: O modelo de onda para a luz explicava com mais facilidade a difração. Mais o que é a difração?

Fonte: Próprio autor

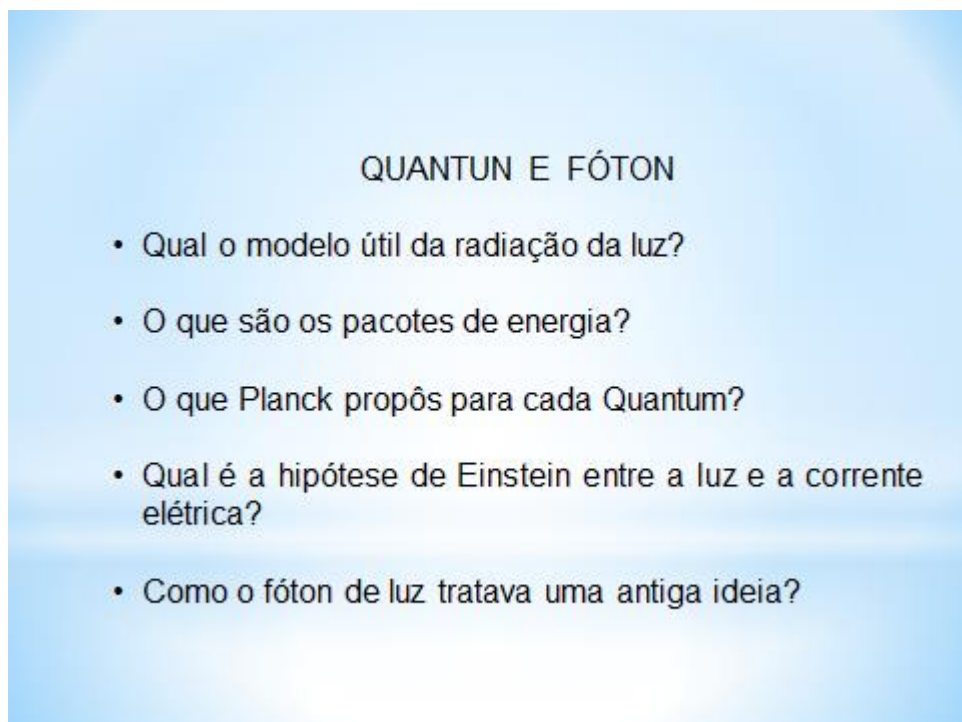
Após assistir aos vídeos fazer os questionamentos acima, e debater com as perguntas que surgem no decorrer dos vídeos.

### Quantum

Vídeo 5: <https://youtu.be/0Zrxulhtsak/> tempo de 9 minutos e 34 segundos

### Fótons

Vídeo 6: <https://www.youtube.com/watch?v=gMbBk6tvEEs/> , tempo de 9 minutos e 34 segundos



Fonte: Próprio autor

## 2. Aula 3 da Sequência Didática

Para tratar da natureza ondulatória da luz se trabalhará os simuladores e experimentações que abordam o desvio da Luz, trabalhando a reflexão e refração da luz que tem comportamento ondulatório, além dos fenômenos de difração e interferência de ondas.



Fonte: Próprio autor

Para realizar esta atividade os alunos foram divididos em 6 grupos. Após a organização dos grupos, foi iniciada a atividade com a entrega dos roteiros. O professor forneceu as orientações para o trabalho pedindo para os educando fazerem a leitura dos roteiros e disponibilizando-se para o esclarecimento das dúvidas no decorrer da atividade. O tempo estimado para essa atividade é de uma aula de 50 minutos.

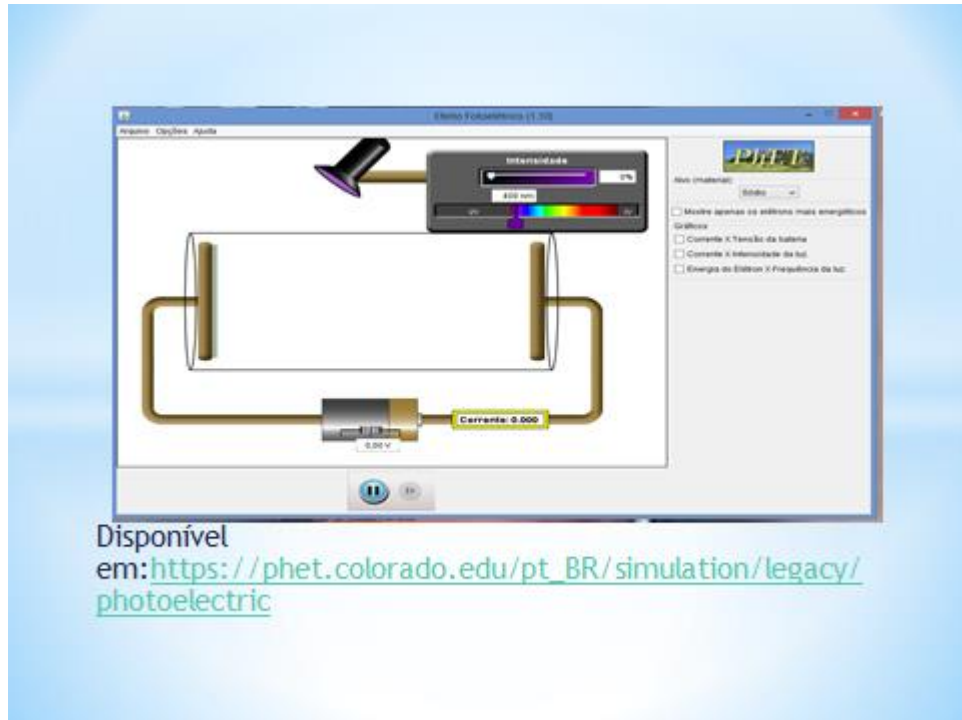


## **ANEXO II**

### **3.1 ROTEIRO DO SIMULADOR PARA INTERFERÊNCIA DE ONDA**

- Acompanhar as ondas da água, do som e da luz se moverem e ver como elas estão relacionadas. Tudo pode ser representado por uma função de onda senoidal.
- Usar fontes com diferentes espaçamentos e ver a mudança no padrão de interferência.
- Encontrar pontos de interferência construtiva e destrutiva.
- Colocar uma barreira para ver como as ondas se movem através de uma ou duas fendas. Que tipo de padrão as fendas criam? Como você pode mudar esse padrão?
- Relate suas observações neste simulador norteando-se pelas questões acima.

Para tratar da natureza corpuscular da luz se utilizará o simulador do efeito fotoelétrico, que trabalham com a projeção da luz considerando-a como partículas e seu comportamento na natureza.



Fonte: Próprio autor

## ANEXO III

### 3.2 ROTEIRO DO SIMULADOR PARA O EFEITO FOTOELÉTRICO

Do estudo de física ondulatória sabemos que a velocidade de uma onda é dada pela equação  $c = \lambda \cdot f$  onde  $\lambda$  é o comprimento de onda e  $f$  a sua frequência. No vácuo, a luz se propaga com velocidade constante e igual a  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ . De acordo com as proposições de Einstein, a luz é composta por pequenos pacotes de energia, os fótons. A energia de cada pacote é dada por  $E = hf$ , onde  $h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$  é a constante de Planck e  $f$  a frequência. Lembrando que no sistema de unidades, a energia é dada em joule (**J**). No entanto, no estudo de alguns tópicos da física, a energia pode ainda ser expressa em elétron-volt (**eV**). Um elétron-volt é quantidade de energia adquirida por um elétron, no vácuo, ao ser acelerado por uma diferença de potencial elétrico de um volt.

a) Complete a tabela abaixo, usando o simulador, com alguns valores de comprimento de onda, de acordo com as cores, movendo o cursor do espectro de cores. (Lembre-se que 1nm é igual a  $10^{-9} \text{ m}$ ).

Tabela 1: Valores de comprimento de onda, frequência e energia da radiação.

	Cor da luz	Comprimento de Onda ( $10^{-9}\text{m}$ )	Frequência ( $10^{14} \text{ Hz}$ )	Energia (J)	Energia (eV)
1	Vermelho				
2	Amarelo				
3	Verde				
4	Azul				
5	Violeta				
6	UV				

Fonte: Próprio autor

b) Usando a equação  $f = c/\lambda$ , complete a tabela com as frequências para cada comprimento de onda que você escolheu.

c) Usando a equação  $E = hf$ , complete a tabela com as energias usando cada frequência calculada. (use:  $h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$ ).

d) De acordo com os valores do comprimento de onda e frequências da

tabela1, estabeleça uma relação entre eles.

e) Sabendo que  $1\text{eV}=1,6.10^{-19}\text{J}$ , complete a tabela com os valores de energia, em joules e elétron-volt, para cada valor de frequência encontrada na tabela 1.

f) Selecione o Sódio em Alvo (material) depois marque: “Mostre apenas os elétrons mais energéticos”. Aumente o potencial para o seu valor máximo (8,00V).

Quando um material condutor é submetido a uma diferença de potencial verifica-se a presença de uma corrente elétrica. Com as configurações feitas no simulador, não é percebida uma corrente elétrica. Faça algumas considerações para o não surgimento da corrente elétrica.

g) No caso anterior não consideramos a interação da radiação (luz) com o material. Aumente a intensidade da Luz para 100%. Em seguida coloque o cursor do comprimento de onda na posição IV (infravermelho). Configure a fonte para um potencial nulo (0,00V). Agora, mova o cursor do comprimento de onda, lentamente para a esquerda, varrendo todo o espectro disponível para a radiação.

1. Observe o ponto em que o catodo (Sódio) começa a emitir elétrons, anote o valor do comprimento de onda e o valor da corrente elétrica. (Essa emissão de elétrons pelo Sódio é o efeito fotoelétrico, que ocorreu pela interação da Luz com o material).

Tabela 2: Valores de comprimento de onda e da corrente elétrica para a frequência do infravermelho.

	Comprimento de onda (nm)	Corrente elétrica (A)
Infravermelho		

Fonte: Próprio autor

2. Repita o item anterior para o potencial máximo (8,00V). Houve mudança na intensidade da corrente elétrica? Comente sua resposta.

Tabela 3: Valores de comprimento de onda e da corrente elétrica para a frequência do infravermelho para o potencial de 8,00 Volt

	Comprimento de onda (nm)	Corrente elétrica (A)
Infravermelho		

Fonte: Próprio autor

3. Como se pode explicar o fato do material ejetar elétrons a partir de um comprimento de onda específico?
  4. Escolha um valor de comprimento de onda onde se perceba o Efeito Fotoelétrico. Faça suas considerações para o que se observa, quando se altera a intensidade da luz (entre 0% e 100%).
  5. Qual é a diferença entre as situações, de potencial nulo e potencial máximo, em relação ao movimento dos elétrons? A energia cinética dos elétrons é diferente em cada caso?
  6. Qual é a relação entre o comprimento de onda da radiação e a energia cinética dos elétrons? Altere o valor do comprimento de onda para verificar. Relate suas conclusões.
- h) Repetir as questões anteriores considerando que o material do catodo pode ser alterado, por exemplo: Zinco, Cobre, Platina, Cálcio e Magnésio. Observe que todos são metais, então qual seria a diferença em cada caso?

#### 4. Aula 4 da Sequência Didática

O experimento do efeito fotoelétrico prova exatamente o comportamento corpuscular da luz, o qual sua ideia foi desenvolvida por Einstein, estabelecendo seu caráter dual. Neste resgata-se a natureza da luz, a história da Ciência por trás das descobertas até na ideia mais aceita atualmente.

O efeito fotoelétrico é observado, por exemplo, quando uma superfície metálica ou semicondutora é iluminada com luz em certa faixa de frequências. Neste caso, elétrons ligados aos átomos são promovidos a elétrons livres, capazes de conduzir corrente elétrica.

EXPERIMENTO DEMONSTRATIVO

- O funcionamento desse dispositivo é baseado no efeito fotoelétrico.
- Ao ser iluminado, como, por exemplo, quando exposto ao sol, o dispositivo passa a ter uma resistência elétrica menor, uma vez que ele passa a dispor de elétrons livres devido à ação da luz incidente.
- A resistência do LDR aumenta enormemente na ausência de luz, como, por exemplo, à noite, uma vez que faltam elétrons livres. A sensibilidade máxima da resistência do LDR se encontra na faixa da luz visível (400 a 700 nm).
- O material base do LDR é o sulfeto de cádmio (CdS), que é sensível à luz na faixa do visível.

Fonte: Próprio autor

## EXPERIMENTO DEMONSTRATIVO

- Para outras aplicações (por exemplo, na faixa do infravermelho, como no caso do controle remoto de televisão), é necessário utilizar outros materiais (por exemplo, o arseneto de gálio).
- Podemos verificar a aplicação desse princípio no funcionamento do sistema de iluminação pública.
- Outras aplicações do efeito fotoelétrico são o controle automático de portas de elevadores e o de esteiras de supermercados. Nesses casos, um feixe de luz, ao ser interrompido, aciona um sistema automático que abre a porta do elevador ou movimenta a esteira

Fonte: Próprio autor

A realização de um experimento demonstrativo, em grupo, proposta como última atividade antes do pós-teste. A turma pode ser dividida em grupos com a mesma formação utilizada na atividade das simulações computacionais.

Inicialmente, com os grupos já dispostos e com um circuito montado, o professor explicará como a atividade será realizada.

## EXPERIMENTO DEMONSTRATIVO

Material utilizado:

- 1 Suporte de pilhas;
- 2 Pilhas AA
- 2 placas de probboard
- 1 LDR
- 3 LED( vermelho, azul e verde)
- 1 multímetro



Fonte: Próprio autor

## ANEXO IV

### 4.1 RELATÓRIO DO EXPERIMENTO DEMONSTRATIVO

O experimento tem por objetivo mostrar a sensibilidade da resistência elétrica ( $R$ ) de um dispositivo LDR1 (Resistência Dependente da Luz) para diferentes comprimentos de onda da luz incidente ( $\lambda$ ).

1. Com o circuito já montado e o multímetro configurado para fazer a leitura da resistência, podemos iniciar os registros das resistências elétricas para cada LED<sup>2</sup>.

Tabela 4: Valores da resistência elétrica para três comprimentos de onda

Cor da Luz	Comprimento de Onda ( $10^{-9}\text{m}$ )	Resistência Elétrica ( $\Omega$ )
Vermelho	625-740	
Verde	500-565	
Azul	440-485	

Fonte: Próprio autor

2. Faça um comparativo como os valores dos comprimentos de onda para cada cor de LED. Qual cor que tem o comprimento de onda maior? E o menor?
3. Com os valores registrados das resistências elétricas de cada LED, qual tem o maior valor? E o menor?
4. Analisando os comprimentos de onda de cada cor com suas resistências elétricas que conclusão podemos chegar se compararmos com os valores dos outras cores?

---

<sup>1</sup> LDR Palavra da língua inglesa Light Dependent Resistor

<sup>2</sup> LED Palavra da língua inglesa Light Emitting Diode





Fonte: Próprio autor

## **4.2 PÓS- TESTE**

Ao final da Sequência Didática reaplicar o mesmo teste, para investigar a evolução da compreensão dos estudantes acerca dos conceitos estudados. Esse instrumento é importante para a verificação individual da eficácia das práticas metodológicas adotadas durante a intervenção pedagógica proposta na sequência didática. Aplicar as mesmas questões do pré-teste de modo que os estudantes possam demonstrar os conhecimentos adquiridos ao longo da sequência didática.

## REFERÊNCIAS

AUSUBEL, David P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. Lisboa: Paralelo Editora, 2003.

CAVALCANTE, Marisa Almeida; TAVOLARO, Cristiane R. C. Uma oficina de Física Moderna que vise a sua inserção no Ensino Médio. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. v. 18, n. 3, p. 298-316, 2001.

DOMINGUINI, Lucas. Física moderna no Ensino Médio: com a palavra os autores dos livros didáticos do PNLEM. **Revista Brasileira de Ensino de Física** [online], v. 34, n. 2, p. 2502.1-2502.7, 2012.

EISBERG, Robert; RESNICK, Robert. **Física Quântica: Átomos, moléculas, sólidos, núcleos e partículas**. 9.ed. Editora Campus, 1994.

ROCHA, José Fernando M. (Org), et al. **Origens e evolução das ideias da física**. Salvador: EDUFBA, 2011.

Modelo de Partícula. Disponível em:

<https://www.youtube.com/watch?v=rqwKPJ3wlul/>.

Modelo Ondulatório. Disponível em:

<https://www.youtube.com/watch?v=MnpWyXa5l6Y/>.

Quantum. Disponível em: <https://youtu.be/0Zrxulhtsak/> .

Fótons. Disponível em:

<https://www.youtube.com/watch?v=gMbBk6tvEEs/>.

MOREIRA, Marco Antônio; VALADARES, J. A. ; CABALLERO, C.; TEODORO, V.D. **Teoria da Aprendizagem significativa**. Contributos

do III Encontro Internacional sobre aprendizagem significativa.  
Peniche, 2000.

TIPLER, P., MOSCA, G. Física para Cientistas e Engenheiros. 6ª ed.vol.  
2. Rio de Janeiro: LTC Editora, 2009.