

*PROPOSTA DE ENSINO DE POLARIZAÇÃO DA  
LUZ COM UTILIZAÇÃO DE TDIC*

---



*JOÃO ALFREDO PEREIRA NETO*

---

UTFPR  
CAMPO MOURÃO - 2021

**JOÃO ALFREDO PEREIRA NETO**

**PROPOSTA DE ENSINO DE POLARIZAÇÃO DA LUZ COM UTILIZAÇÃO DE  
TDIC**

Produto educacional <sup>1</sup>apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física – Polo 32 do MNPEF - da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Dr. Ivan Marcelo Laczkowski

**CAMPO MOURÃO  
2021**

---

1



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

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>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>TEORIA ELETROMAGNÉTICA.....</b>	<b>5</b>
<b>2.1</b>	<b>Luz e seus aspectos históricos .....</b>	<b>5</b>
<b>2.2</b>	<b>Teoria das ondas eletromagnéticas.....</b>	<b>7</b>
<b>2.2.1</b>	<b>Descrição matemática de uma onda eletromagnética.....</b>	<b>9</b>
<b>2.3</b>	<b>Polarização da luz.....</b>	<b>13</b>
<b>2.4</b>	<b>Lei de Malus.....</b>	<b>14</b>
<b>2.5</b>	<b>Kahoot® .....</b>	<b>15</b>
<b>3</b>	<b>PROPOSTA PARA O PROFESSOR.....</b>	<b>17</b>
	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>34</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>35</b>

## 1. INTRODUÇÃO

As relações do homem com o mundo têm sido modificadas significativamente, em razão da presença de novos instrumentos tecnológicos em todos os segmentos sociais, de acordo com Carvalho (2008). Para Coutinho (2005, pág. 35) existem relações complexas no contexto escolar e inserir mudanças neste contexto a partir de introdução de recursos tecnológicos, necessita de fatores que transcendam a simples aquisição de equipamentos ou capacitação por parte dos professores, é preciso que a comunidade escolar ajude a entender, o quanto que o uso das TDIC podem servir para a melhoria do ensino e aprendizado. Neste contexto, é que a escola, precisa estar apta para utilizar de todos os avanços tecnológicos e inseri-los a prática educativa.

De uma forma geral, podemos caracterizar as aulas de Física, que se desenvolvem na maioria de nossas escolas, como atividades cujo foco é excessivamente conteudista e a prática pedagógica é centrada na “transmissão de conhecimentos”. Nessa perspectiva o professor verbaliza explicações de conceitos apresentados nos livros didáticos, resolve e propõe exercícios de fixação e, às vezes, realiza eventuais experimentos e/ou demonstrações para confirmar a teoria exposta. (MONTEIRO, 2016).

Medeiros e Medeiros (2002) destacam que, devido ao fato de a aprendizagem em Física exigir alto grau de abstração, as simulações e animações computacionais, apesar de não se constituírem em solução final para os desafios de se ensinar conceitos científicos, pode ser útil aos processos de ensino e de aprendizagem.

Construímos está sequência didática com foco no ensino de Polarização da Luz para o último ano do Ensino Médio, com o auxílio de TDIC (Tecnologias digitais da informação e comunicação), software, animações com a finalidade de verificar a ocorrência de melhoria no processo de aprendizagem na disciplina de Física, buscando desenvolver a capacidade de interação do aluno com as tecnologias presentes no cotidiano, associando ao aprendizado significativo de Bruner, estruturado em conceitos importantes como Motivação descrita como o meio de especificar experiências que gerem predisposição para aprendizagem, a **Estruturação dos conhecimentos** para estabelecer vias que permitam uma adequação entre os conteúdos e as capacidades de aquisição dos indivíduos

critérios, **Sequência** para apresentar qual a sequência mais eficiente para apresentar as matérias estudadas, o **Reforço** da aprendizagem depende do conhecimento de resultados, no momento e no local em que ele pode ser utilizado para correção. E a **Instrução** que aumenta a oportunidade e a aplicação do conhecimento corretivo, ou seja, a correção dos erros em tempo e local apropriados para que o estudante possa fixar a informação correta.

Assim, este produto educacional tem o objetivo de proporcionar um ensino menos fragmentado, mais dinâmico e mais envolvente sendo necessário que as metodologias de ensino tradicionais sejam alinhadas a metodologias ativas e/ou que sofram alterações e até modificações (VIEIRA, T. 2021).

## 2. TEORIA ELETROMAGNÉTICA

### 2.1 Luz e seus aspectos históricos.

Até meados do século XVII, a compreensão humana sobre a luz, tanto ao nível da sua natureza como ao nível da explicação de fenômenos ópticos, evoluiu muito lentamente. Desde o mundo antigo que sabemos que a luz se propaga em linha reta, embora essa ideia estivesse ligada a raios que saíam dos olhos em direção aos objetos de modo a “sentir” esses objetos (RIBEIRO et al., 2015).

Desde o desenvolvimento das primeiras noções e teorias da luz pelos gregos até o século II D.C. seguiu-se um longo período de hibernação científica. Passando por Ibn al-Haitham (963-1039) ou Alhazen, como era conhecido na Europa, esse foi o primeiro a separar luz de visão. Em seu tratado *Kitab al-Manazir* (Livro de Óptica), refutou a lei da refração de Ptolomeu, explicando que apenas se verificava para pequenos ângulos, discutiu a refração atmosférica, explicou o aumento aparente do Sol e da Lua quando perto do horizonte e foi o primeiro a dar uma descrição precisa do funcionamento do olho humano (RIBEIRO et al., 2015).

Erasmus Bartholin em 1669 observou o que viria a ser chamado de polarização da luz, em um cristal de calcita, onde ao incidir luz natural sobre o cristal, produzia duas imagens de um mesmo objeto e, ao rodar o cristal, uma das imagens permanecia fixa enquanto a outra girava ao redor da primeira (AZEVEDO et al., 2010).

O Holandês Christian Huygens (1629–1695) reproduziu o experimento de Bartholin e fez com que, os raios de luz Ao atravessarem um cristal de calcita e incidirem sobre outro cristal de mesmo material, girando-o, produzia uma orientação na qual era produzida uma única imagem (RIBEIRO et al., 2015), demonstrando assim, que a luz que sai de um cristal de calcita não tem as mesmas propriedades que a luz comum.

Em 1690 Huygens apresenta sua teoria ondulatória, *Traité de Lumière*. Onde descreve que, em cada ponto do espaço, a luz excita ondas elementares. Essas excitações funcionam então como fontes secundárias, e assim se propaga a luz. Com sua teoria, Huygens consegue explicar a diferença na velocidade da luz em um meio mais denso, a refração, a polarização e a birrefringência (RIBEIRO et al., 2015).

Na obra *Opticks* de 1704, Isaac Newton (1642–1727) apresenta a ideia de luz corpuscular, sendo formada por raios que viajam em linha reta e não como ondas. Na teoria de Newton, a propagação em linha reta da luz não era compatível com uma teoria ondulatória (AZEVEDO et al., 2010).

Em 1802, Thomas Young (1773–1829) formulou o princípio da interferência e mostrou, com uma série de experiências engenhosas que, a luz se comporta claramente como uma onda. Explicou a difração da luz, e foi também o primeiro a introduzir a ideia da luz como onda transversal (1817), que era até então vista como uma onda longitudinal (AZEVEDO et al., 2010).

Gaspar et al., (1997), relata que para Young, a luz vibra numa direção perpendicular da qual caminha. Com essa teoria, pode-se explicar o comportamento da luz nos cristais no experimento de Huygens, pois a luz vibra em todas as direções. Em 1801, Thomas Young, utilizando do experimento da dupla fenda, consolida a teoria ondulatória de Huygens.

Etienne-Louis Malus, de origem Francesa, em 1810, com seu experimento demonstra que a luz refletida em uma interface plana entre dois meios poderia ser polarizada, desde que o ângulo de incidência fosse adequado, e que isso aconteceria com praticamente todos os materiais (CROPPER, 2001). Assim, o ângulo de incidência que produz a luz polarizada foi denominado de ângulo de polarização (AZEVEDO et al., 2010).

Em 1864 o físico escocês, James Clerk Maxwell, reuniu os conhecimentos existentes e descobriu as correlações que haviam em alguns fenômenos, dando origem à teoria de que eletricidade, magnetismo e óptica são de fato manifestações diferentes do mesmo fenômeno físico. Maxwell conseguiu provar teoricamente que uma perturbação eletromagnética devia se propagar no vácuo com uma velocidade igual à da luz, ou seja, 300.000 km/s. Ele demonstrou que todas as propriedades conhecidas da luz poderiam ser explicadas através de quatro equações, definidas como as equações de Maxwell. Ele provou que a luz visível, assim como outras formas de radiação, tal como a luz ultravioleta e as ondas de rádios, são ondas formadas por campos elétrico e magnético, denominadas ondas eletromagnéticas, que se propagam no espaço. (ZANI, 2008).

A primeira verificação experimental foi feita por Henrich Hertz, em 1887 quando ele produziu ondas eletromagnéticas por meio de circuitos oscilantes e,

depois, os detectou por meio de outros circuitos sintonizados na mesma frequência. Seu trabalho foi homenageado posteriormente estabelecendo-se o nome "Hertz" para unidade de frequência.

## 2.2 Teoria das ondas eletromagnéticas

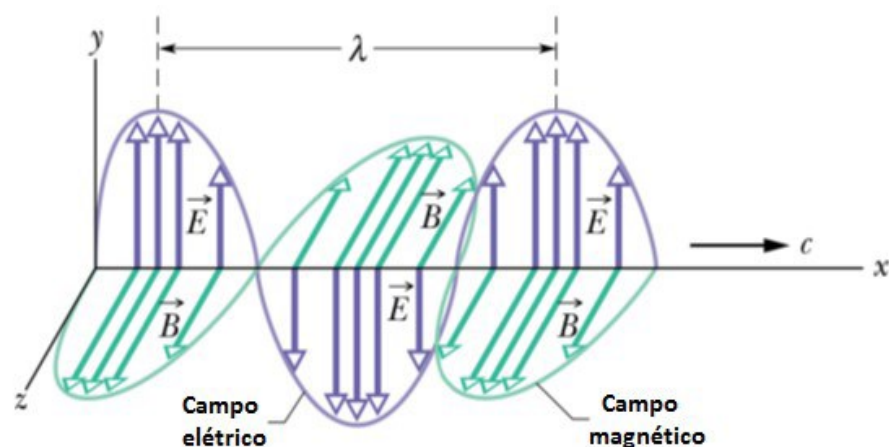
Segundo Soares, (2009). Onda pode ser definida como sendo uma perturbação do meio que se propaga Sendo estas ondas entendidas como pulsos energéticos que se propagam no espaço transportando apenas energia, não havendo transporte de matéria.

A teoria eletromagnética descreve a luz como uma onda transversal, na qual as direções de vibração dos campos elétrico e magnético são perpendiculares à direção de propagação (LACZKOWSKI, 2010).

Para Maxwell, as ondas eletromagnéticas são geradas por cargas elétricas dotadas de aceleração de qualquer tipo. Ondas eletromagnéticas podem ser geradas, por exemplo, por elétrons oscilantes (BISCUOLA, 2014).

Conforme relata Martins, V. C.(2020), uma onda pode ser representada por um "instantâneo" do campo elétrico, e do campo magnético em vários pontos sobre o eixo x, pelos quais a onda passa com velocidade c (explicados na sequência) como na figura 1.

**Figura 1: Representação da onda eletromagnética**



Fonte: MARTINS, V.C (2020). Adaptado de Halliday, Resnick e Walker 2012<sup>2</sup>

<sup>2</sup> HALLIDAY, D. RESNICK; WALKER, R. J. **Fundamentos de física**. 9. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2012. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/vmalves/files/2019/03/Halliday-Vol-1-4%C2%BA-Edi%C3%A7%C3%A3o.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2019



Maxwell (1831-1879) mostrou que todas as propriedades conhecidas da luz poderiam ser explicadas através de quatro equações, conhecidas como as equações de Maxwell. Ele provou que a luz visível, assim como outras formas de radiação, tal como a luz ultravioleta e as ondas de rádios, são ondas formadas por campos elétrico e magnético, denominadas ondas eletromagnéticas, explicação mais detalhada da Figura 1 conforme referência de Halliday & Resnick, 2012.

Vamos considerar uma onda eletromagnética viajando na direção  $x$  (direção de propagação).

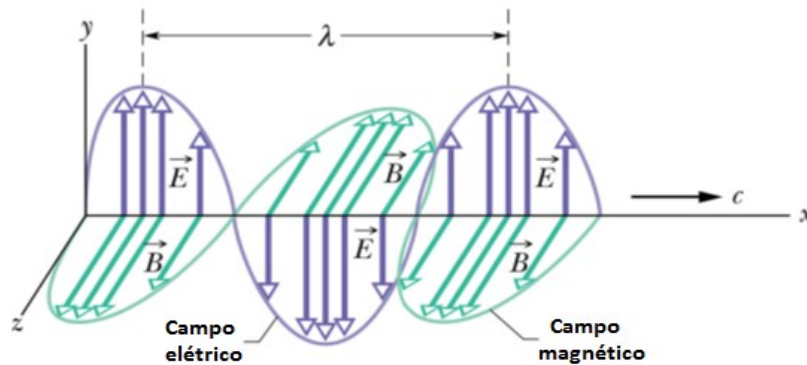
Nesta onda: o campo elétrico ( $\vec{E}$ ) esta na direção do eixo  $y$  e o campo magnético ( $\vec{B}$ ) esta na direção do eixo  $z$ , assim:

$$E = E_{m\acute{a}x}(x, t)$$

$$B = B_{m\acute{a}x}(x, t)$$

Uma onda pode ser representada por um “instantâneo” do campo elétrico  $\vec{E}$ , e do campo magnético  $\vec{B}$  em vários pontos sobre o eixo  $x$ , pelos quais a onda passa com velocidade  $c$ , como na figura 2.

**Figura 2: Representação da onda eletromagnética**



Fonte: Adaptado de Halliday, Resnick e Walker 2012.<sup>2</sup>

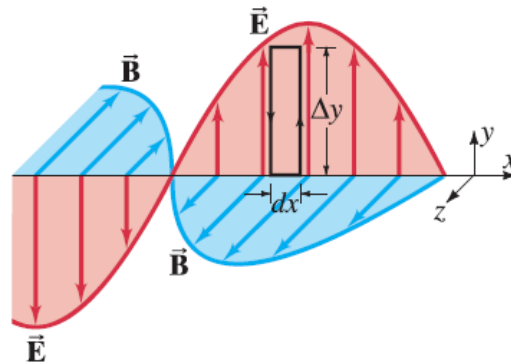
Frente de onda:

Duas frentes de onda estão separadas por um comprimento de onda  $\lambda$ . Onde  $\lambda = \frac{2\pi}{k}$ , na qual  $k$  é chamado número de onda. As componentes da onda ( $\vec{E}$  e  $\vec{B}$ ) estão em fase. São perpendiculares entre si, e são perpendiculares à direção de propagação.

### 2.2.1 Descrição matemática de uma onda eletromagnética

Para simplificar o problema vamos considerar uma onda propagando no vácuo onde não há cargas ou corrente de condução ( $q = 0$  e  $i = 0$ ), figura 3.

Figura 3: Aplicando a lei de Faraday para a espira retangular  $(\Delta y)(dx)$ .



Fonte: Halliday, Resnick e Walker 2012 - Adaptada.<sup>3</sup>

Aplicando a lei de Faraday no retângulo de altura  $\Delta y$  e largura  $dx$

$$\int \vec{E} \cdot d\vec{s} = -\frac{d\Phi_B}{dt}$$

Notamos que nos lados horizontais do retângulo,  $\vec{E}$  é perpendicular a  $d\vec{s}$ , que para nossa demonstração podemos chamar de  $dx$ , pois está em apenas uma dimensão.

Logo:

$$\vec{E} \cdot d\vec{s} = 0 \text{ (produto escalar } E \cdot ds \cdot \cos\theta \text{)}.$$

Para os lados verticais consideramos  $E$  o campo elétrico do lado esquerdo e  $E + dE$  do lado direito

$$\begin{aligned} \int \vec{E} \cdot d\vec{s} &= (E + dE)\Delta y - E\Delta y \\ \int \vec{E} \cdot d\vec{s} &= E\Delta y + dE\Delta y - E\Delta y \\ \int \vec{E} \cdot d\vec{s} &= dE\Delta y \end{aligned}$$

<sup>3</sup> HALLIDAY, D. RESNICK; WALKER, R. J. **Fundamentos de física**. 9. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2012. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/vmalves/files/2019/03/Halliday-Vol-1-4%C2%BA-Edi%C3%A7%C3%A3o.pdf/>. Acesso em: 14 jun. 2019

Agora o lado direito da equação da lei de Faraday a variação do fluxo magnético através da espira é

$$\frac{d\Phi_B}{dt} = \frac{d(B \cdot A \cdot \cos\theta)}{dt}$$

Mas  $A = dx \cdot \Delta y$  e  $\theta = 0^\circ$ , aonde  $\theta$  ângulo entre o lado vertical e o campo elétrico

$$\frac{d\Phi_B}{dt} = \frac{dB}{dt} dx \Delta y$$

Logo:

$$\int \vec{E} \cdot d\vec{s} = -\frac{d\Phi_B}{dt}$$

$$dE \Delta y = -\frac{dB}{dt} dx \Delta y$$

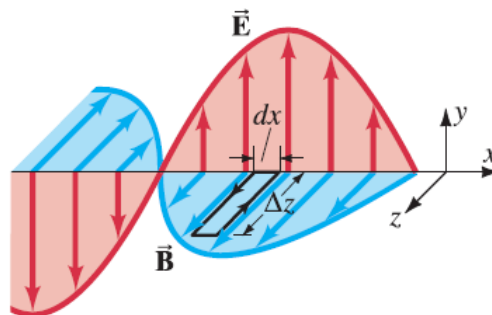
$$\frac{dE}{dx} = -\frac{dB}{dt}$$

Na verdade ambas as funções  $E$  e  $B$  são funções de  $x$  e  $t$ , portanto devemos usar derivadas parciais para reescrever a relação acima:

$$\frac{\partial E}{\partial x} = -\frac{\partial B}{\partial t} \text{ (equação 1)}$$

Podemos obter outra relação entre  $E$  e  $B$ , considerando agora a espira retangular no plano de  $\vec{B}$ , com comprimento  $\Delta z$  e largura  $dx$ , figura 4.

**Figura 4: Aplicando a lei de Ampère-Maxwell para essa espira.**



**Fonte: Halliday, Resnick e Walker 2012 - Adaptada.<sup>4</sup>**

<sup>4</sup> HALLIDAY, D. RESNICK; WALKER, R. J. **Fundamentos de física**. 9. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2012. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/vmalves/files/2019/03/Halliday-Vol-1-4%C2%BA-Edi%C3%A7%C3%A3o.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2019

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_0 \varepsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt}$$

Para os lados horizontais temos  $B$  perpendicular a  $ds$  (que na imagem é representado por  $dx$  devido estar em uma única dimensão) logo:

$$\vec{B} \cdot d\vec{s} = 0$$

Para os lados verticais seja  $B$  o campo magnético do lado esquerdo e  $(B + dB)$  do lado direito, assim:

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = -[(B + dB)\Delta z - B\Delta z]$$

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = B\Delta z - (B + dB)\Delta z$$

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = B\Delta z - B\Delta z - dB\Delta z$$

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = -dB\Delta z \quad (*)$$

Para o lado direito da lei de ampère-maxwell temos:

$$\mu_0 \varepsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt} = \mu_0 \varepsilon_0 \frac{d(E \cdot A \cdot \cos \theta)}{dt}$$

Mas  $A = \Delta z \cdot dx$  e  $\theta = 0$ , portanto:

$$\mu_0 \varepsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt} = \mu_0 \varepsilon_0 \frac{dE}{dt} dx \cdot \Delta z \quad (**)$$

Igualando \* com \*\* temos:

$$-dB\Delta z = \mu_0 \varepsilon_0 \frac{dE}{dt} dx \Delta z$$

$$-\frac{dB}{dx} = \mu_0 \varepsilon_0 \frac{dE}{dt}$$

ou

$$\frac{dB}{dx} = -\mu_0 \varepsilon_0 \frac{dE}{dt}$$

Assim, as funções  $E$  e  $B$  são funções de  $x$  e  $t$ , podemos usar derivadas parciais para reescrever a relação acima:

$$\frac{\partial B}{\partial x} = -\mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial E}{\partial t} \quad (\text{equação 2})$$

Logo podemos concluir que um campo elétrico variável induz um campo magnético também variável, que por sua vez induz um campo elétrico, e assim por diante, dessa forma mantém-se a propagação da onda.

Duas equações são importantes para o estudo das ondas, vamos chamá-las aqui de equação 1 e equação 2,

$$\frac{\partial E}{\partial x} = -\frac{\partial B}{\partial t} \quad \text{equação 1}$$

$$\frac{\partial B}{\partial x} = -\mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial E}{\partial t} \quad \text{equação 2}$$

Se derivarmos os dois lados da equação 1 em relação à  $x$  temos:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{\partial E}{\partial x} \right) = \frac{\partial}{\partial x} \left( -\frac{\partial B}{\partial t} \right)$$

Permutando a ordem das derivadas em relação ao tempo e ao espaço:

$$\frac{\partial^2 E}{\partial x^2} = -\frac{\partial}{\partial t} \left( \frac{\partial B}{\partial x} \right)$$

mas:

$$\frac{\partial B}{\partial x} = -\mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial E}{\partial t}$$

$$\frac{\partial^2 E}{\partial x^2} = -\frac{\partial}{\partial t} \left( -\mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial E}{\partial t} \right) \quad (\text{equação 3})$$

$$\frac{\partial^2 E}{\partial x^2} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial^2 E}{\partial t^2} \rightarrow \text{função de onda harmônica}$$

Comparando a função de onda harmônica padrão com a encontrada temos:

$$\frac{d^2 \Psi}{dx^2} = \frac{1}{v^2} \frac{d^2 \Psi}{dt^2}$$

$$\frac{\partial^2 E}{\partial x^2} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial^2 E}{\partial t^2} \quad (\text{equação 4})$$

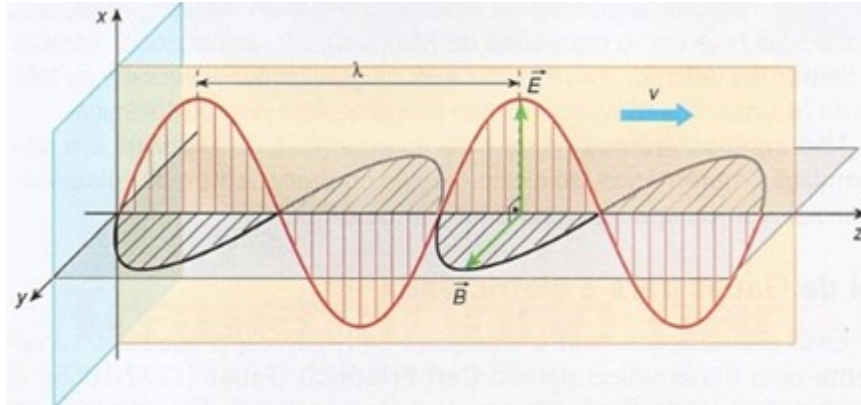
$$\frac{1}{v^2} = \mu_0 \epsilon_0$$

$$v = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}} \rightarrow \text{velocidade da luz}$$

Logo temos que o campo elétrico e o campo magnético obedecem à equação de onda deslocando-se com a velocidade da luz.

Nesse sentido pode-se dizer que, ondas eletromagnéticas são formadas pela combinação dos campos magnético e elétrico que se propagam perpendicularmente um em relação ao outro e na direção de propagação da energia, com uma velocidade constante  $c$ , figura 5.

**Figura 5: Onda eletromagnética**



Fonte: Halliday, Resnick e Walker 2012 - Adaptada.<sup>5</sup>

### 2.3 Polarização da luz

Pode-se afirmar que a polarização de uma onda eletromagnética, diz respeito ao comportamento da direção dos campos elétricos e magnéticos quando analisado num plano perpendicular ao sentido de propagação da onda.

Segundo Halliday et al., (2009, p.13) A polarização pode ser definida como uma propriedade de todas as ondas eletromagnéticas. A luz é uma onda eletromagnética, e como tal é composta de campos elétricos e magnéticos oscilantes, são ondas transversais sendo o vetor campo elétrico  $\vec{E}$ , o vetor campo magnético  $\vec{B}$  e a direção de propagação  $\vec{K}$  são mutuamente perpendiculares. Sabendo-se a direção do campo elétrico e a direção propagação, pode-se determinar a direção do campo magnético. Portanto existem duas variáveis vetoriais importantes para se determinar a direção do campo magnético, o vetor campo elétrico ( $\vec{E}$ ) e a direção de propagação ( $\vec{K}$ ).

O campo elétrico sempre estará contido em um plano perpendicular à direção de propagação da onda, sendo representado pela somatória a somatória de suas componentes nas direções x e y. E são estes componentes que irão ocasionar as diferentes formas de polarização de um feixe de luz, de modo circular, linear e elíptica.

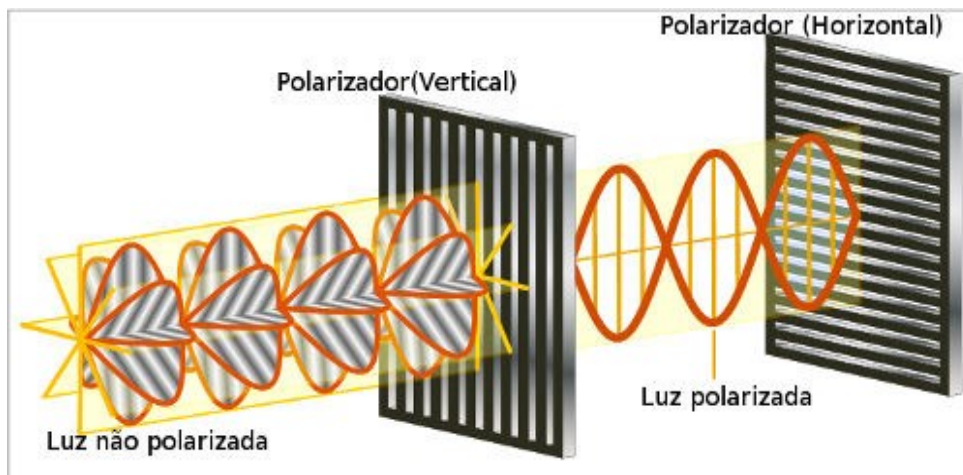
Até a metade do século passado, não se fabricavam instrumentos para a polarização da luz porque os materiais polarizadores eram raros e frágeis. No entanto, em 1928, o inventor americano Edwin Herbert Land (1909-1991), ainda estudante, descobriu uma técnica para impregnar esses cristais numa folha de

<sup>5</sup> HALLIDAY, D. RESNICK; WALKER, R. J. **Fundamentos de física**. 9. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2012. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/vmalves/files/2019/03/Halliday-Vol-1-4%C2%BA-Edi%C3%A7%C3%A3o.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2019

plástico, que denominou **Polaroide**. Quando o plástico é esticado em certa direção, os cristais se alinham nessa mesma direção, que se torna a direção de polarização.

Um modo prático para se obter luz plano-polarizada é fazer uma luz não polarizada atravessar um dispositivo, denominado polarizador (ou polaroide), assim, a direção de vibração do campo elétrico será aquela determinada pelo eixo de transmissão do polarizador (Tipler e Mosca, 2006). Conforme demonstra a figura 6.

**Figura 6: luz natural incidindo sobre o polarizador, sendo observado seu eixo de rotação pelo detector.**



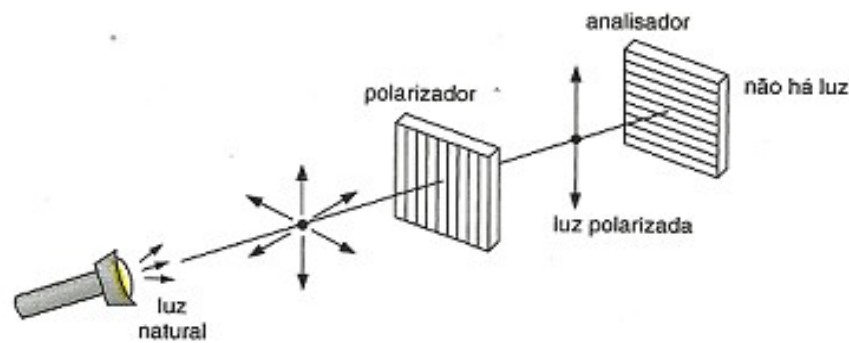
Fonte: TRIPLER, MOSCA (2006)<sup>6</sup>

#### 2.4 Lei de Malus:

Ao inserir um segundo polarizador linear, chamado analisador, antes do detector de maneira que o ângulo formado entre os eixos de transmissão dos dois polarizadores seja  $q$  - Figura 7.

**Figura 7 – Lei de Malus com a inclusão do Analisador.**

<sup>6</sup> TIPLER, P. MOSCA, G. **Física para cientistas e engenheiros**: LTO, Ótica e Física Moderna. 3ª ed. Rio de Janeiro. LTC, 2006.



Fonte: FERRARO (2021)<sup>7</sup>

Quando a amplitude do campo elétrico transmitido pelo primeiro polarizador for  $E_0$ , apenas a sua componente paralela ao eixo de transmissão do segundo polarizador  $E_0 \cos \theta$  alcançará o detector (admitindo um polarizador ideal sem absorção). A irradiância no detector será definida pela equação abaixo.

$$I(\theta) = \frac{c \epsilon_0}{2} E_0^2 \cos^2 \theta$$

Esta Equação é conhecida como a Lei de Malus, pois foi publicada pela primeira vez por Etienne Malus, engenheiro militar e capitão do exército de Napoleão, em 1809.

## 2.5 Kahoot

*Kahoot*<sup>8</sup> é uma aplicação/plataforma disponível na *Internet*, que permite a criação de atividades educativas e gamificadas para a dinamização de exercícios de múltipla escolha, de ordenamento, de perguntas abertas e questionários durante as aulas. (BOTTENTUIT JUNIOR, 2017).

Segundo Bottentuit Junior (2017), para realizar a aula com uso do aplicativo, é necessário, inicialmente, que o professor se aproprie da ferramenta. Logo, o primeiro passo é a criação da sua conta, que poderá ser registrada no próprio *Kahoot*, e necessita apenas de dados básicos, como nome, e-mail e senha.

<sup>7</sup> FERRARO, N. G.; Os fundamentos da física. **Blogger 2021**. Disponível em: [http://osfundamentosdafisica.blogspot.com/2017/07/leituras-do%20blog\\_12.html](http://osfundamentosdafisica.blogspot.com/2017/07/leituras-do%20blog_12.html). Acesso 01 jun. 2021

<sup>8</sup> <https://getkahoot.com/>



O *Kahoot* pode ser acessado em qualquer dispositivo com ligação à *Internet*. Nesse sentido, o professor poderá promover atividades tanto no laboratório de informática, quanto dentro de sala de aula.

### 3. PROPOSTA PARA O PROFESSOR

Neste manual o educador encontrará as instruções necessárias para fazer uso de uma proposta didática para compreensão da Polarização da Luz no Ensino Médio, em Física Moderna. Esta proposta está pautada na teoria de aprendizagem por descoberta de Jerome Bruner, onde segundo Bruner (1969,73, 76), “*é possível ensinar qualquer assunto, de uma maneira intelectualmente honesta, a qualquer criança em qualquer estágio de desenvolvimento*”.

Moreira (2000, p.5), afirma que “o aluno não é um receptor passivo”. “Ele deve fazer uso dos conhecimentos que já internalizou, de maneira substantiva e não arbitrária, para poder captar os significados dos materiais educativos”.

A proposta didática foi dividida em cinco aulas, de cinquenta minutos cada, divididas em três Momentos, sendo o Momento 1 composto de uma aula, o Momento 2 e 3 em duas aulas cada, apresentadas através de projeção de slides. A proposta didática foi elaborada para ser aplicada na 3ª série do Ensino Médio.

Esperamos, com essa proposta didática, auxiliar os professores que desejam aplicar temas referentes à introdução da Polarização da Luz – ondas eletromagnéticas no conteúdo de Física Moderna. A ficha técnica da proposta está apresentada no quadro 1.

**Quadro 1 Ficha técnica da proposta didática.**

<b>FICHA TECNICA: PROPOSTA DE ENSINO DE POLARIZAÇÃO DA LUZ COM UTILIZAÇÃO DE TDIC’S</b>	
Forma da Atividade:	Híbrida, Alunos presenciais e Online.
Publico Alvo:	Alunos do 3º Ano do Ensino Médio
Objetivos Gerais:	Produzir um Material Didático pedagógico, sobre Polarização da Luz para os Alunos do 3º ano do Ensino Médio.
Conteúdos Prévios:	Noções de Ondas Eletromagnéticas e Fenômenos Ondulatórios
Inserções da BNCC (BRASIL, 2018).	

CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS NO ENSINO MÉDIO – MATÉRIA E ENERGIA	COMPETENCIA 3	HABILIDADES: (EM13CNT301) (EM13CNT307) (EM13CNT308)
AVALIAÇÃO	Produzir um mapa conceitual que apresente os conceitos trabalhados na Proposta Didática.	

Fonte: Autoria própria (2021)

As competências e habilidades apresentadas na proposta no quadro 1 estão em consonância com a proposta da BNCC (BRASIL, 2018) para o novo Ensino Médio, e estão detalhadas na sequência.

---

### **CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS NO ENSINO MÉDIO: COMPETÊNCIAS ESPECÍFICAS E HABILIDADES.**

Em Matéria e Energia, no Ensino Médio, diversificam-se as situações-problema, referidas nas competências específicas e nas habilidades, incluindo-se aquelas que permitem a aplicação de modelos com maior nível de abstração e que buscam explicar, analisar e prever os efeitos das interações e relações entre matéria e energia (por exemplo, analisar matrizes energéticas ou realizar previsões sobre a condutibilidade elétrica e térmica de materiais, sobre o comportamento dos elétrons frente à absorção de energia luminosa, sobre o comportamento dos gases frente a alterações de pressão ou temperatura, ou ainda sobre as consequências de emissões radioativas no ambiente e na saúde).

Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC).

#### **Habilidades**

- **(EM13CNT301)** 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.
- **(EM13CNT307)** Analisar as propriedades dos materiais para avaliar a adequação de seu uso em diferentes aplicações (industriais, cotidianas, arquitetônicas ou tecnológicas) e/ ou propor soluções seguras e sustentáveis considerando seu contexto local e cotidiano.
- **(EM13CNT308)** 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.

A seguir no quadro 2 apresentamos a estrutura da organização dos planos de aula da proposta didática que poder realizada em 3 Encontros.

**Quadro 2: Estrutura da Proposta Didática.**

<p><b>1ª ENCONTRO:</b></p> <p>Duração: 1 hora aula</p>	<p style="text-align: center;"><b>MOTIVAÇÃO PARA APRENDIZAGEM</b></p> <p>Para este encontro o professor pode separar a turma em pequenos grupos, se presencial e apresentar o vídeo com a situação problema sobre a Polarização da Luz,( <a href="https://www.youtube.com/watch?v=aP6rBn3j5Po">https://www.youtube.com/watch?v=aP6rBn3j5Po</a>) em seguida solicitar que os alunos discutam no seu pequeno grupo ou individualmente, as respostas sobre os questionamentos realizados sobre o vídeo, e a construção de um mapa mental sobre os conceitos de Física envolvido(item opcional).</p>
<p><b>2º ENCONTRO</b></p> <p>Duração: 2 horas aulas</p>	<p style="text-align: center;"><b>ESTRUTURAÇÃO DO CONHECIMENTO E SEQUÊNCIA</b></p> <p>Proposta para aula de forma Híbrida, presencial ou Online, em grupos pequenos ou de forma individual,</p>

	composta de aula dialogada sobre o tema, aspectos Históricos da Polarização da luz, Gifs e para tratar da natureza ondulatória da luz se trabalhará os simulador ( <a href="https://phet.colorado.edu/sims/html/waves-intro/latest/waves-intro_pt_BR.html">https://phet.colorado.edu/sims/html/waves-intro/latest/waves-intro_pt_BR.html</a> )
<b>3º ENCONTRO</b>  Duração: 2 horas aulas	<b>INSTRUÇÃO OU REFORÇO</b>  Realizar atividades práticas e tecnológicas sobre luz polarizada e polarização em pequenos grupos se presencialmente, para reforças o aprendizado do tema. A instrução através de uma hora aula prática de experimento com polarizador conforme roteiro do experimento realizado com película polarizadora. Reforço: Questões no Kahoot como reforço e avaliação do conteúdo através de Mapa Mental como Fechamento.

Fonte: Autoria própria (2021)

## PRIMEIRO ENCONTRO

### Objetivos

- Apresentar o Vídeo Motivacional e levantar o conhecimento prévio dos alunos, com as questões problemas.
- Analisar os conhecimentos prévios dos alunos sobre o conteúdo de ondas eletromagnéticas em geral e sobre a luz polarizada em específico.

Iniciar com a apresentação do tema, e pedir para os alunos que em grupo ou individualmente, dependendo da forma de aula, se presencial, híbrida ou remota, assistam ao vídeo motivacional Figura 8, como forma de instigar (descobrir) os conhecimentos dos alunos a respeito da luz, suas características e aplicação quanto a Polarização.

Figura 8: Vídeo Motivacional inicial



Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=aP6rBn3j5Po>

**OBS:** Após assistirem o vídeo motivacional, os alunos devem trazer ao grande grupo os apontamentos e conceitos Físicos relacionados ao Vídeo.

### Questões Problemas

1 - Existe alguma relação entre a intensidade do feixe observado e o ângulo formado pelas direções de transmissão dos dois polarizadores? Caso existe qual é esta relação?

---



---



---

2 - No seu dia-dia onde se aplica isso em um conceito de tecnologia?

---



---



---

3 - É possível durante um dia ensolarado, colocar um óculos escuro e não enxergar nada?

---

---

---

## SEGUNDO ENCONTRO

### Objetivos

- Apresentar os aspectos históricos e teóricos da polarização Luz, Gifs e Simulador PhetColorado,
- Realizar a estruturação do conhecimento com aulas dialogadas expositivas e que os estudantes saibam definir os conceitos de Ondas eletromagnéticas e diferenciar ondas polarizadas de ondas não polarizadas.

Para iniciar este Momento, trazer os conceitos apresentados no Momento anterior, após apresentar os aspectos históricos da Polarização da Luz, juntamente com o conhecimento Científico.

### Aspectos Históricos e Teóricos da Polarização da Luz

Até meados do século XVII, a compreensão humana sobre a luz, tanto ao nível da sua natureza como ao nível da explicação de fenômenos ópticos, evoluiu muito lentamente. Desde o mundo antigo que sabemos que a luz se propaga em linha reta, embora essa ideia estivesse ligada a raios que saíam dos olhos em direção aos objetos de modo a “sentir” esses objetos (RIBEIRO et al., 2015).

Erasmus Bartholin em 1669 observou o que viria a ser chamado de polarização da luz, em um cristal de calcita, (figura 9) onde ao incidir luz natural sobre o cristal, produzia duas imagens de um mesmo objeto e, ao rodar o cristal, uma das imagens permanecia fixa enquanto a outra girava ao redor da primeira (AZEVEDO et al., 2010).

**Figura 9: Cristal de Calcita**



**Fonte:** [ORGANITESPOA \(2021\)](#)<sup>9</sup>

O Holandês Christian Huygens (1629–1695) reproduziu o experimento de Bartholin, e fez com que, os raios de luz ao atravessavam um cristal de calcita, incidirem sobre outro cristal de calcita e, ao girar o segundo cristal, havia uma orientação em que era produzida uma única imagem (RIBEIRO et al., 2015), demonstrando assim, que a luz que sai de um cristal de calcita não tem as mesmas propriedades que a luz comum.

Na obra *Opticks* de 1704, Isaac Newton (1642–1727) apresenta a ideia de luz corpuscular (Figura 10), sendo formada por raios que viajam em linha reta e não como ondas. Na teoria de Newton, a propagação em linha reta da luz não era compatível com uma teoria ondulatória (AZEVEDO et al., 2010).

**Figura 10: Newton e a luz corpuscular.**



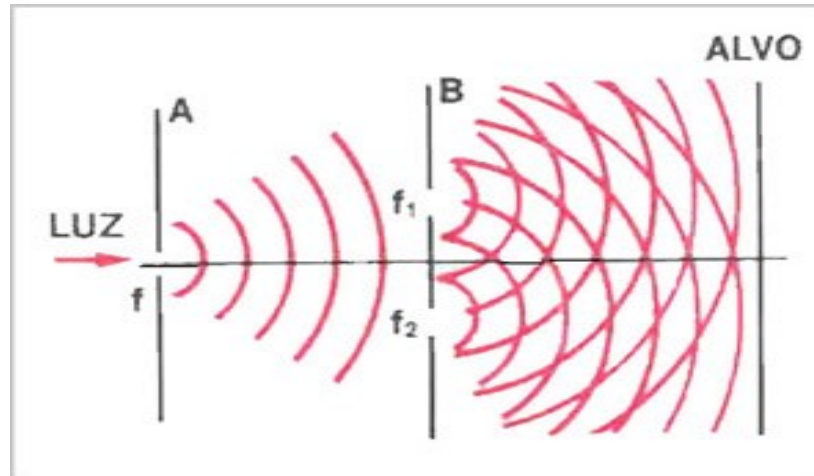
**Fonte:** <https://universoracionalista.org/como-isaac-newton-mudou-o-mundo-enquanto-estava-em-quarentena/> Acesso 17 maio 2021

<sup>9</sup>Disponível em: <https://organitespoa.com.br/produto/cristal-de-calcita-otica/> Acesso 17 maio 2021



Em 1802, Thomas Young (1773–1829) formulou o princípio da interferência (Figura 11) e mostrou, com uma série de experiências engenhosas, que a luz se comporta claramente como uma onda. Explicou a difração da luz, e foi também o primeiro a introduzir a ideia da luz como onda transversal (1817), que era até então vista como uma onda longitudinal (AZEVEDO et al., 2010).

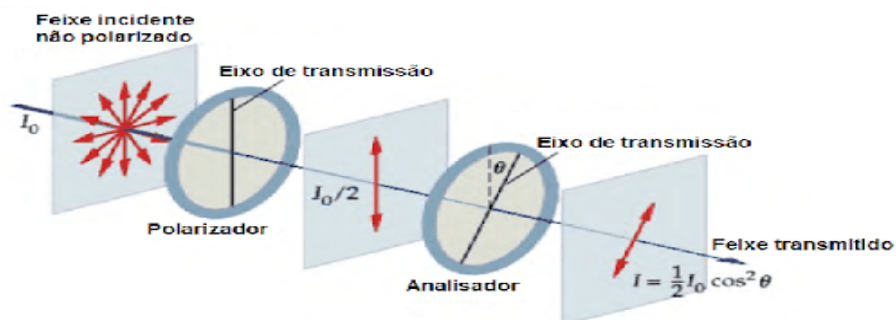
**Figura 11: Experiência de Yong**



**Fonte:** <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/a-experiencia-young.htm> Acesso 17 maio 2021

Etienne-Louis Malus, de origem Francesa, em 1810, com seu experimento demonstra que a luz refletida em uma interface plana entre dois meios poderia ser polarizada (figura 12), desde que o ângulo de incidência fosse adequado, e que isso aconteceria com praticamente todos os materiais (CROPPER, 2001). Assim, o ângulo de incidência que produz luz polarizada foi denominado de ângulo de polarização (AZEVEDO et al., 2010).

**Figura 12: Experimento de Malus**



S

Fonte: <http://www.vivacity.com.br/><sup>10</sup>

**Obs.:** Neste Momento trazer o conhecimento sobre a Lei de Malus:

+ de 1 Polarizador  $I = \frac{I_0}{2} \cos^2 \theta$

**Onda Polarizada:** Onda que possui apenas *uma direção* de vibração para uma direção de propagação.

**Onda não polarizada:** Onda que possui *mais de uma direção de vibração* para uma direção de propagação

### COMENTÁRIOS

**Polarizar uma onda** é fazer com que uma onda não polarizada (várias direções de vibração) se transforme em uma onda polarizada (uma direção de vibração).

**Onda não polarizada:** possui várias direções de vibração para apenas uma direção de propagação. Comentar que todas as direções de vibração são perpendiculares à direção de propagação.

Apresentar os *Gifs* (anexo) de animação sobre a Polarização, trazendo os conceitos de Onda Polarizada. Após solicitar aos alunos que respondam as questões abaixo.

1 – O que é Polarizar uma onda?

---



---



---

2- Qual a Diferença entre uma onda polarizada e uma não polarizada?

---

10

<http://vivacity.com.br/produtosDetalhes.asp?id=1361&link=Polariza%E7%E3o%20da%20Luz&subCat=1358&idCat=42> Acesso 17 maio 2021

---

---

---

3- Qual é a incidência máxima segundo a Lei de Malus para uma lente Polarizada com  $\theta$  de  $45^\circ$ ?

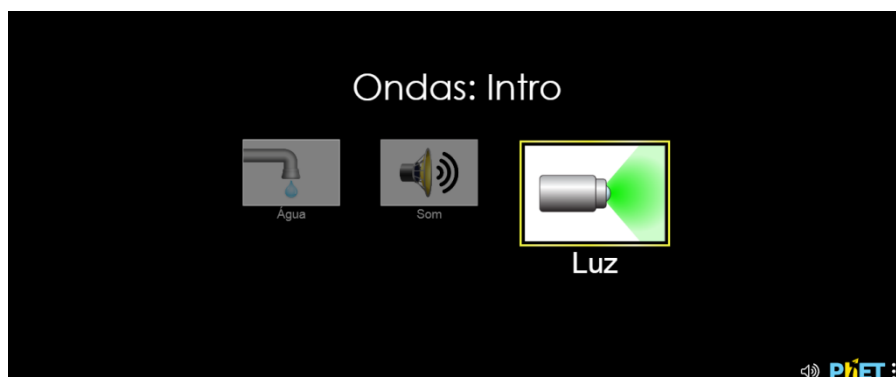
### Simulador

O projeto **PhET** - *Interactive Simulations (Physics Education Technology)* é uma iniciativa da Universidade do Colorado que provê um pacote de simulações auxiliares ao processo de Ensino de Ciências (Física, Química, Matemática, Biologia). Segue link de como utilizar o Simulador e outros exemplos de questões. <https://phet.colorado.edu/en/simulations/waves-intro/activities>

Para retomar os conceitos de Luz e onda eletromagnética (Figura 13), utilizar o Simulador da *PhetColorado*, onde pode-se apresentar conceitos como:

- Frequência como o número de ondas que ocorrem em um intervalo de tempo;
- Amplitude como a altura da onda;
- Comprimento de onda como distância entre cada crista ou vale de onda;
- Interferência como o encontro simultâneo de ondas;

**Figura 13: Simulador de Onda eletromagnética**



**Fonte:** [https://phet.colorado.edu/sims/html/waves-intro/latest/waves-intro\\_pt\\_BR.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/waves-intro/latest/waves-intro_pt_BR.html)

### Questões sobre o Simulador

1 - Em sua opinião, que grandeza física oscila durante a propagação das ondas luminosas?

---

---

---

2 - O campo de visualização representa o lugar onde as ondas se propagam. Em sua opinião, que tipo de material poderia preencher o espaço através do qual as ondas luminosas se propagam. O espaço poderia estar vazio?

---

---

---

**Obs.:** Após os alunos responderem as questões, propor que os mesmos se juntem em grupos de três ou quatro integrantes e comparem suas respostas abrindo ao grande grupo as conclusões as quais chegaram.

## TERCEIRO ENCONTRO

### Objetivos

Apresentar os Experimentos com Polarizadores, aplicação de questões com o uso do *Kahoot*<sup>®</sup> e confecção do mapa mental como forma de levantar os conhecimentos adquiridos pelos alunos.

Para este terceiro encontro, realizar atividades práticas e tecnológicas sobre luz polarizada e polarização em pequenos grupos se presencialmente, para reforçar o aprendizado do tema. Com base na teoria de aprendizagem de Bruner, para a **Instrução** terá a duração de uma hora aula prática de experimento com polarizador

conforme roteiro do experimento realizado com película polarizadora. Para o **Reforço** as questões no *Kahoot* e avaliação do conteúdo através de Mapa Mental como Fechamento.

---

### Objetivos com os Experimentos.

---

O objetivo destas primeiras experiências é que o estudante caracterize o estado de polarização da radiação que recebe das diferentes fontes de luz a seu alcance, usando um filtro polarizador como “detector de luz polarizada”. Introduce-se, assim, o conceito de luz total ou parcialmente polarizada e aprofunda-se no estudo de um modelo de emissão da luz.

---

#### **EXPERIMENTO 1:** Análise do estado de polarização de uma radiação luminosa

Para este experimento, o material utilizado foi retirado da tela de um notebook “lixo eletrônico” figura 14, que pode ser retirado durante realização do experimento, se o professor achar conveniente, Caso a turma seja grande a aquisição de filmes polarizadores não tem custo elevado, sendo acessível e de fácil encontro.

**Figura 14:** Notebook (lixo eletrônico) para retirada da película polarizadora



Fonte: Autoria própria (2021)

#### **Elementos necessários**

- Um filtro polarizador, e fonte Luminosa (celular, lâmpadas, Luz Natural).

- Link Vídeo Demonstrativo: <https://youtu.be/UOpsFA0iPsU>

### Procedimento

Os estudantes devem observar através do filtro polarizador, fazendo-o girar orientado para diferentes fontes de luz (figura 15), uma lâmpada de filamento incandescente, um tubo fluorescente, lanterna do celular a luz refletida em uma mesa, na borda de uma janela ou em qualquer superfície. Pode-se observar o diferente grau de polarização de diferentes zonas do céu, caso esteja sem nuvens.

**Figura 15: Filtro Polarizador e fonte de Luz**



Fonte: Autoria própria (2021)

### Questões sobre o Experimento 1

1 - Observe agora com auxílio do polarizador outra fonte luminosa (tela do computador ligado, luz solar) Analise o que você observa com cada fonte: a intensidade transmitida pelo polarizador muda à medida que este é girado?

---



---



---

2 - O que se pode dizer do estado de polarização da luz proveniente das diferentes fontes?

---



---



---

3 - Proponha alguma analogia que conheça com a utilização da polarização da luz.

---

---

---

## EXPERIMENTO 2: A lei de Malus e um modelo da onda

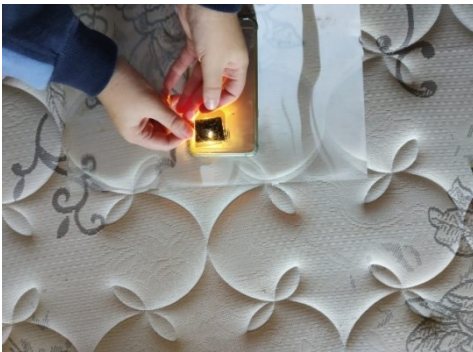
### Elementos necessários

- Dois polarizadores;
  - Uma fonte de luz
  - Vídeo demonstrativo <https://youtu.be/4rql6UL1r2o>

### Procedimento

Os alunos devem olhar para uma fonte de luz através de dois polaroides (figura 16). Para isso deve Fixar a posição do primeiro (isto significa fixar uma direção de transmissão) e em seguida, gire lentamente o segundo polaroide (analisador). Registre a atentamente o que você observe. Relacione a intensidade transmitida com o ângulo entre os polaroides.

**Figura 16: Fonte luminosa e polarizadores**



Fonte: A autoria própria (2021)

### Questões sobre o Experimento 2

1 - Qual a dependência entre a intensidade do feixe observado e o ângulo formado pelas direções de transmissão dos dois polarizadores?

---

---

---

2 - Que modelo é utilizado para representar a onda luminosa tal que possa explicar a relação encontrada?

---

---

---

**Obs.:** Após realizarem o experimento, o professor deve discutir com os alunos os resultados e então concluir com eles os conceitos de Física envolvidos.

### QUESTÕES COM O KAHOOT®

O *Kahoot*<sup>11</sup> uma aplicação/plataforma disponível na *Internet*, que permite a criação de atividades educativas e gamificadas para a dinamização de exercícios de múltipla escolha, de ordenamento, de perguntas abertas e questionários durante as aulas. (BOTTENTUIT JUNIOR, 2017).

Para ter acesso ao site é necessário que os usuários (o professor) façam um *login* e senha, para poder criar perguntas e atividades, os alunos podem ter acesso às atividades, criadas por seus professores, através do site [www.kahoot.it](http://www.kahoot.it) ou aplicativo do *Kahoot* onde terão acesso ao jogo com o código PIN que é gerado para cada atividade pelo professor.

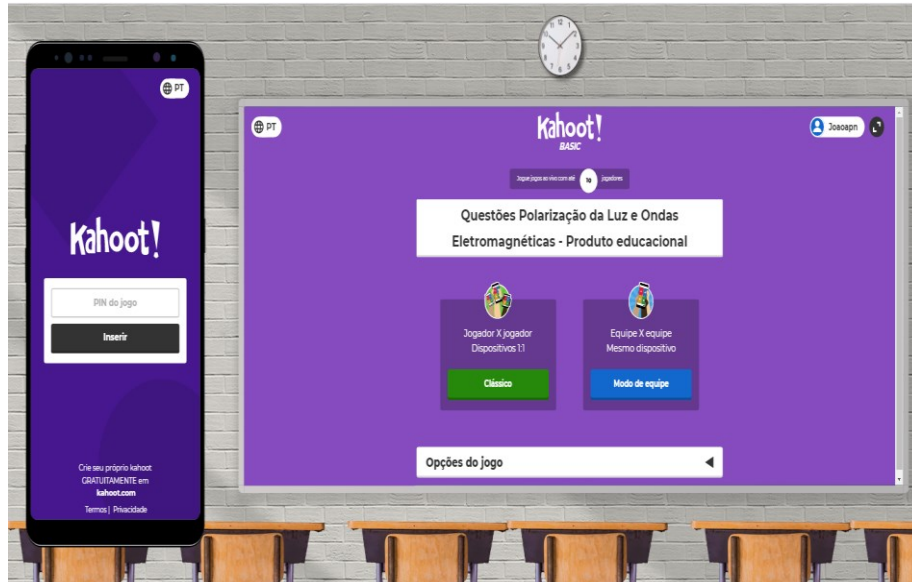
O *Kahoot* pode ser acessado em qualquer dispositivo com ligação à *Internet*. Nesse sentido, o professor poderá promover atividades tanto no laboratório de informática, quanto dentro de sala de aula.

---

<sup>11</sup> <https://getkahoot.com>

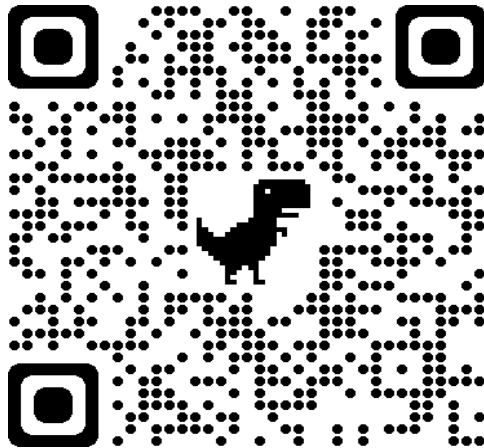


## Modelo de Quiz para Polarização da Luz e Ondas Eletromagnéticas.



<https://create.kahoot.it/share/questoes-polarizacao-da-luz-e-ondas-eletromagneticas-produto-educacional/9949b511-00ed-47a2-90d6-cd52d4623c75>

### Acesso Via QR Code ao Kahoot®



**Obs.:** A utilização do *Kahoot* pela 1ª vez pelos alunos pode ter certa dificuldade em relação ao acesso, devido a questões de Internet e conexão, mas de forma. Geral. é muito bem aceita esta forma de aprendizagem.

## **AVALIAÇÃO ATRAVÉS DE MAPA MENTAL**

Um mapa mental deve ser entendido segundo Fenner (2018), como uma ferramenta para a organização de informações (ideias) que ocorrem na estrutura cognitiva do sujeito de forma não linear. No mapa a ideia principal que também pode ser chamada de termo indutor é colocada no centro de uma folha de papel e as relações são feitas a partir dele em forma de teia, que podem ser palavras-chave, equações, desenhos, sempre utilizando muitas cores para a confecção do mesmo.

Como fechamento da sequência didática e forma de Reforço proposto por Bruner, a confecção de um mapa mental pelos alunos estará sendo utilizada como forma de avaliar os conceitos adquiridos e retornar os apresentados durante os encontros.

### ***Comentário***

---

O professor deve confeccionar um mapa mental inicial com os temas que pretende trabalhar durante os encontros para ter como referencial de conceitos apresentados pelos alunos, ao final da aula. Assim buscar verificar a abrangência dos assuntos tratados, a inserção de ideias próprias e a utilização de técnicas (cores, símbolos, imagens, desenhos, equações) que facilitam o aprendizado, conforme critérios citados por Buzan (2009).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A construção desse produto educacional teve como finalidade de implementar uma sequência didática sobre polarização da Luz e a sua natureza ondulatória, trazendo ferramentas contemporâneas para o ensino de Física, utilizando-se do ensino remoto (*Online*) que está em curso no País e implementado no estado do Paraná. Busca oferecer aos professores e estudantes um material complementar e alternativo que possa ser utilizado, juntamente com outros materiais, na abordagem do conteúdo nele inerente as atividades experimentais são simples e de baixo custo, que servem para organizar os conhecimentos cotidianos dos alunos para a aprendizagem por descoberta de novos conhecimentos científicos.

Essa proposta tem a intenção de despertar o interesse do aluno pelo estudo, bem como, para gerar uma aprendizagem efetiva, contribuir para um ensino por descoberta de maneira prática, dinâmica e concisa.

Esperamos que outros professores possam utilizar o material, adequando para sua realidade e contribuindo para o processo de ensino e aprendizagem de Polarização da Luz, demonstrando conforme relato de Camara (2017, p.17), que a Física não se resume apenas em resolução de exercícios de Física, mas, também, no uso de experimentação e tecnologia na sala de aula.

## REFERENCIAS

- ARAUJO, A.; SALES, G.; SILVA, J. **Tecnologias digitais no Ensino de Física**: um relato de experiência utilizando o Kahoot como ferramenta de avaliação gamificada. *Research, Society and Development*. 7. 7711456. 10.17648/rsd-v7i11.456. 2018
- AZEVEDO, Eduardo Ribeiro de et al. **Utilização de um espectrógrafo de projeção como uma ferramenta para contagens sobre polarização da luz**. *Quím. Nova* [online]. 2010, vol.33, n.5, pp.1204-1210. ISSN 0100-4042. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422010000500036> . Acesso em 27 maio 2021.
- BATISTA, M. C.; **A experimentação no ensino de física**: modelando um ambiente de aprendizagem, 2009. 82 f. Dissertação de mestrado – Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e a Matemática, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2009.
- BISCUOLA, G. J.; **Conecte Física 3**. 2ª ed. Ed. Saraiva – São Paulo, 2014.
- BOTTENTUIT JUNIOR, J. B.; **O Aplicativo Kahoot na Educação**: verificando os conhecimentos dos alunos em tempo real. In: Maria João Gomes; Antonio José Osório; Antonio Luis Valente. (Org.). *Challenges 2017: Aprender nas Nuvens, Learning in the Clouds*. 15ed. Braga - Portugal: Universidade do Minho - UMINHO, 2017, v. , p. 1587-1602.
- BUZAN, Tony. **Mapas Mentais**/Tony Buzan [Tradução de Paulo Polzonoff Jr.]. Rio de Janeiro, 2009. Ed. Sextante.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. Secretaria de Educação Continuada, Alfabetização, Diversidade e Inclusão. Conselho Nacional de Educação. **Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica**. Brasília: MEC. 2013.
- BRUNER, J.S. (1966). **The Process of Education**. Harward University press Cambridge: 1966. 10ª Impressão.
- BRUNER, J.S. (1969). **Uma nova teoria da aprendizagem**. Rio de Janeiro: Bloch.
- BRUNER, J.S. (2008). Sobre o Conhecimento: **Ensaio de mãos esquerda**. São Paulo: Phorte
- CAMARA, A. P. V. **Experimentação no ensino de química**: elaboração de um material paradidático para o ensino médio com o tema: petróleo e seus derivados. (Monografia de graduação). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2017.

CARVALHO, Rosiani. **As tecnologias no cotidiano escolar: possibilidades de articular o trabalho pedagógico aos recursos tecnológicos.** In: PARANÁ. Secretaria de Estado da Educação. Superintendência de Educação. O professor PDE e os desafios da escola pública paranaense, 2008. Curitiba: SEED/PR., 2011. V.1.(CadernosPDE). ISBN 978-85-8015-039-1.

COLOMBO, E. JAÉN, M. - Polarização Da Luz: Uma Proposta De Experiências Simples - Publicado no **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 8, n. 1, abr. 1991.

COUTINHO, Carlos Nelson. Notas sobre cidadania e modernidade. **Revista Àgora – Políticas públicas e Serviço Social**, Ano. 2, Vol.3, dez. 2005.

CROPPER, W. H. ; **Grandes físicos**; 1ª ed., Oxford University Press: Oxford, 2001

DAROS, T. **Metodologias ativas**: aspectos históricos e desafios atuais. In: CAMARGO, F.; DAROS, T (orgs.). A sala de aula inovadora: estratégias pedagógicas para fomentar o aprendizado ativo. Porto Alegre: Penso, 2018. p. 8-12.

FENNER, G.. **Mapas Mentais - Potencializando ideias.** 1. ed. RIO DE JANEIRO: Brasport Livros e Multimídia, 2018. v. 1. 336p .

HALLIDAY, D. RESNICK; WALKER, R. J. **Fundamentos de física.** 9. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, p. 266-304, 2012. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/vmalves/files/2019/03/Halliday-Vol-1-4%C2%BA-Edi%C3%A7%C3%A3o.pdf/>. Acesso em: 14 jun. 2021

**Integração das Tecnologias na Educação/** Secretaria de Educação a Distância. Brasília: Ministério da Educação, Seed, 2005. 204 p.; il.

LACZKOWSKI, I. M. - **Efeito magneto-óptico em mistura binária dopada com ferrofluido** – UEM. Maringá, 2010.

LACZKOWSKI, M. S.; LACZKOWSKI, I. M.; ZIMMER, F. C. - Sala de aula invertida e sua contribuição no ensino de Ciências em Química e Física. **Revista Pontes**, v. 6, p. 186-197, 2019.

LÜDKE, M. ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em Educação**: abordagens qualitativas. 2 ed. São Paulo: E.P.U., 2014.

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

MONTEIRO, M. A. A. O uso de tecnologias móveis no ensino de física: uma avaliação de seu impacto sobre a aprendizagem dos alunos. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências** Vol. 16, No 1, 2016.

MOREIRA, M. A. (1999). **Teorias de aprendizagem.** São Paulo: EPU.

Moreira, M. A. (2005) **Aprendizagem significativa crítica**. Porto Alegre: Instituto de Física da UFRGS

NETO, J. G. P. ; VIEIRA, A. N. O. ; SIQUEIRA, M. C. A. . Análise dos conteúdos de física moderna e contemporânea presentes em quatro coleções de livros didáticos aprovadas no PNLEM 2009 e nos PNLDS 2012, 2015 e 2018. **Revista Scientiatec**, v. 6, p. 79-103, 2019.

NOVAK, J. D.; GOWIN, D. B. **Learning how to learn**. New York, NY: Cambridge University Press, 1984.

PEREIRA, W. H. S.; LONDERO, L. **A Física Produzida no Brasil nas Coleções Didáticas do Programa Nacional do Livro Didático (2018-2020)**. Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências (online), v. 21, p. 1-27, 2019.

RIBEIRO, R, A.; COELHO, L,; BERTALOM, O,; ANDRE, R,;. **Luz: História, Natureza e Aplicações**. Departamento de Física e Astronomia da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, vol. 39, n. 1, p.6-12, 2015.

SOARES, S. M. **Introdução de Tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio por Meio do Estudo de Ondas Eletromagnéticas**. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da UNB. Brasília-DF. 2009.

VIEIRA, Taisy Fernandes. **Estudo de uma proposta didática interdisciplinar para o ensino de Física e Astronomia no Ensino Médio**. 2021. 207 fls. Dissertação (Mestrado Profissional de Ensino de Física) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2021.

TIPLER, P. MOSCA, G. **Física para cientistas e engenheiros**: LTO, Ótica e Física Moderna. 3ª ed. Rio de Janeiro. LTC, p. 128-146, 2006.

THOMAS, C. (2014). **Kahoot!** Disponível em <https://www.graphite.org/website/kahoot>. Acesso em 15 de abr. 2021

VALENTE, Ligia; BARCELLOS, Marcília Elis ; SALÉM, Sônia ; KAWAMURA, Maria Regina . **Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio: Expectativas e tendências**. In: VI ENPEC, 2007, Florianópolis. Física moderna e contemporânea no ensino médio: expectativas e tendências, 2007.

ZABALA, A. **A prática educativa**: como ensinar. Porto Alegre: Artmed, 1998

ZAMBON, L. B.; TERRAZZAN, E. A. Políticas de material didático no Brasil: organização dos processos de escolha de livros didáticos em escolas públicas de educação básica. **Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos**, v. 94, n. 237, p. 585-602, 2013.

ZANI, M. **Física C** Editora Maggioli, 3ª ed. Itália. 2008.