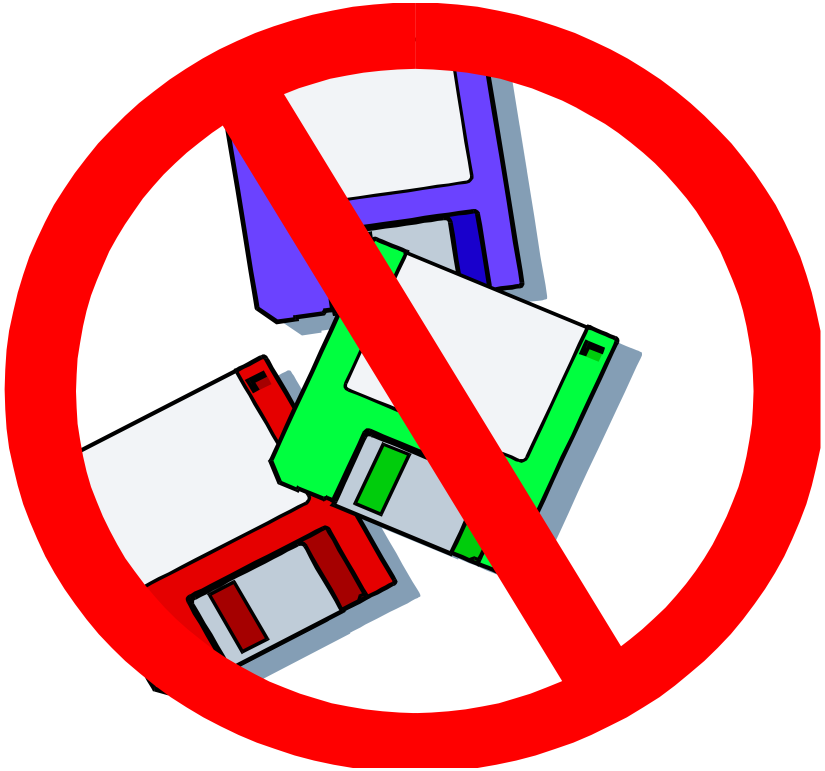
Polarização de Onda eletromagnética

SEL 413 Telecomunicações

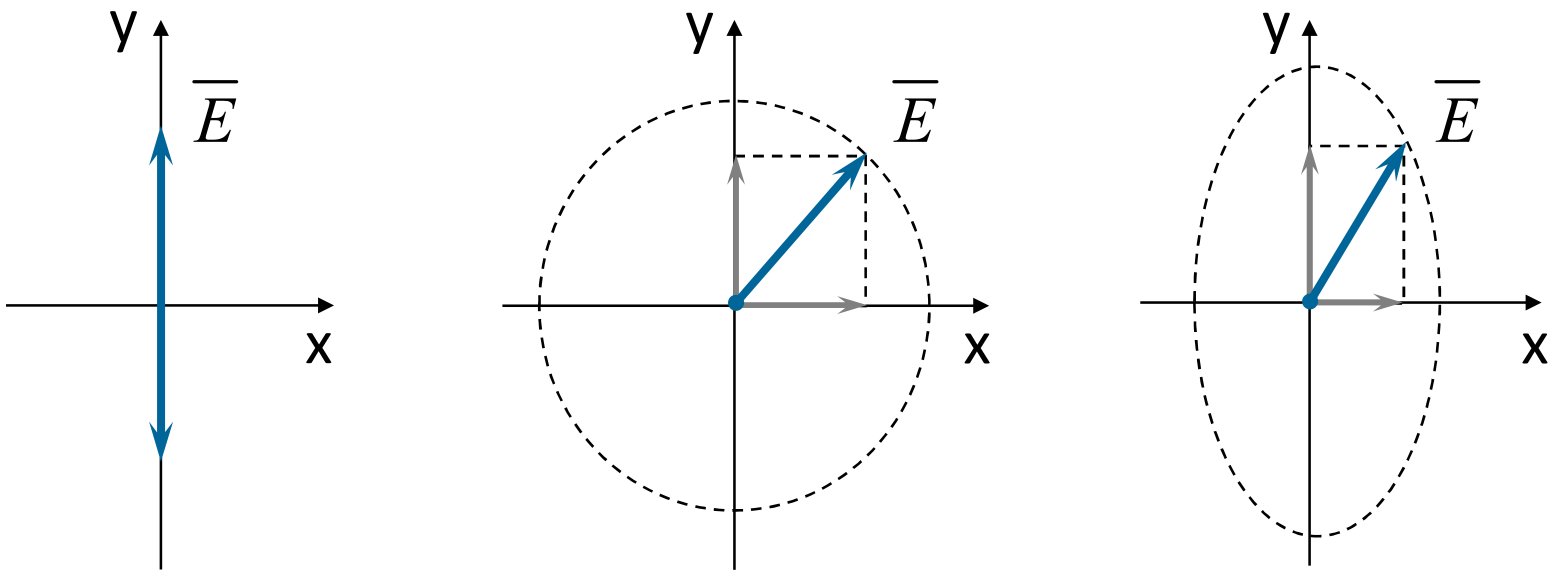
Amílcar Careli César
Departamento de Engenharia Elétrica da EESC-USP

Atenção!



- Este material didático é planejado para servir de apoio às aulas de SEL-413 Telecomunicações, oferecida aos alunos regularmente matriculados no curso de engenharia aeronáutica.
- Não são permitidas a reprodução e/ou comercialização do material.
- solicitar autorização ao docente para qualquer tipo de uso distinto daquele para o qual foi planejado.

Polarização de Ondas



Linear

Circular

Elíptica

O **lugar geométrico** descrito pela
“ponta” do vetor campo elétrico indica o tipo de polarização

Campo elétrico-1

Campo elétrico de onda propagando no sentido +z

$$\overline{E} = \left(\hat{x} + A e^{j\phi} \hat{y}\right) e^{-jkz}$$

Campo físico

$$\overline{E}\left(z,t\right) = \mathrm{Re}\left\{\left(\hat{x} + A e^{j\phi} \hat{y}\right) e^{j\left(\omega t - kz\right)}\right\}$$

$$\overline{E}\left(z,t\right) = \cos\left(\omega t - kz\right)\hat{x} + A\cos\left(\omega t - kz + \phi\right)\hat{y} \quad \text{V/m}$$

Polarização Linear - 1

$$\overline{E}(z,t) = \mathrm{Re}\left\{\left(\hat{x} + A e^{j\phi}\hat{y}\right)e^{j(\omega t - kz)}\right\}$$

Fazendo $A = 0$ $\overline{E}(z,t) = \mathrm{Re}\left\{\hat{x}e^{j(\omega t - kz)}\right\}$

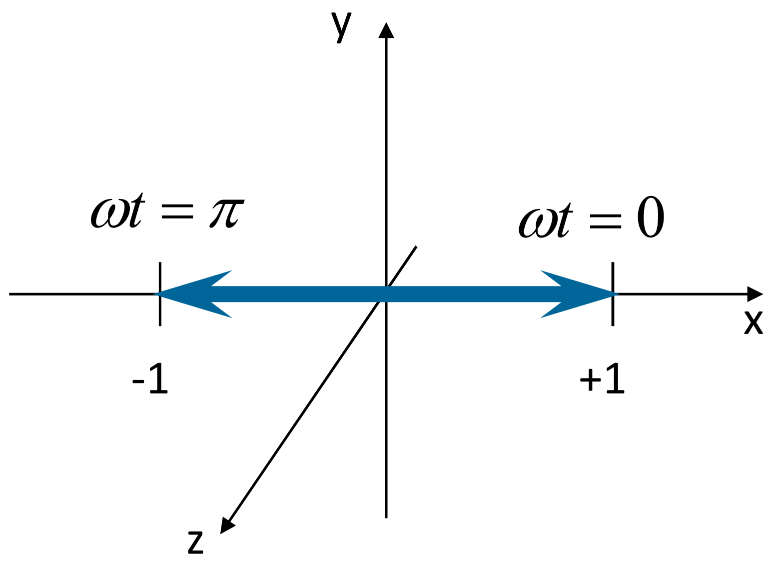
campo elétrico $\overline{E}(z,t) = \hat{x}\cos(\omega t - kz)$

$$z = 0$$

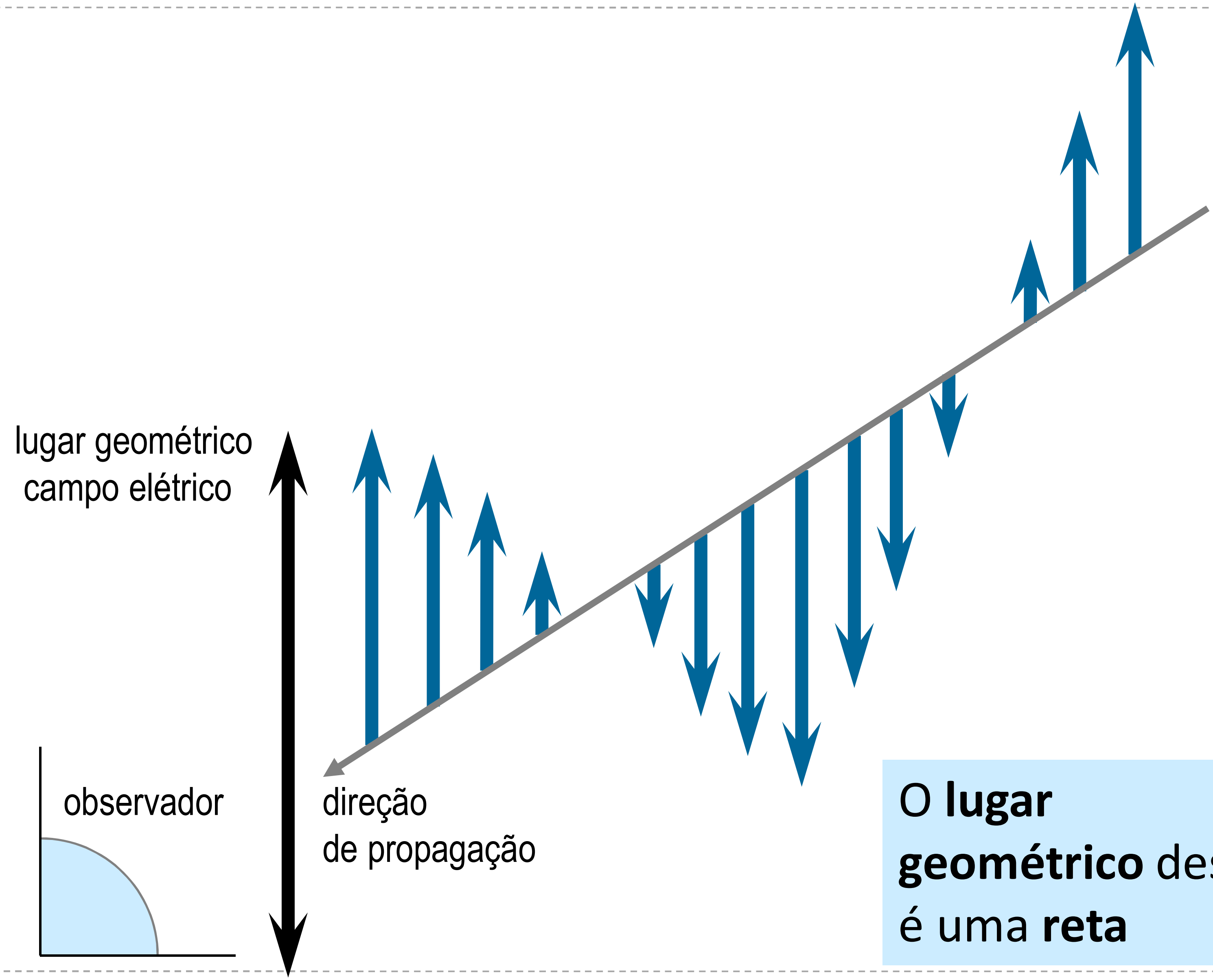
$$\omega t = 0 \Rightarrow \overline{E}(z,t) = \hat{x}$$

$$\omega t = \frac{\pi}{2}, \frac{3\pi}{2} \Rightarrow \overline{E}(z,t) = 0$$

$$\omega t = \pi \Rightarrow \overline{E}(z,t) = -\hat{x}$$

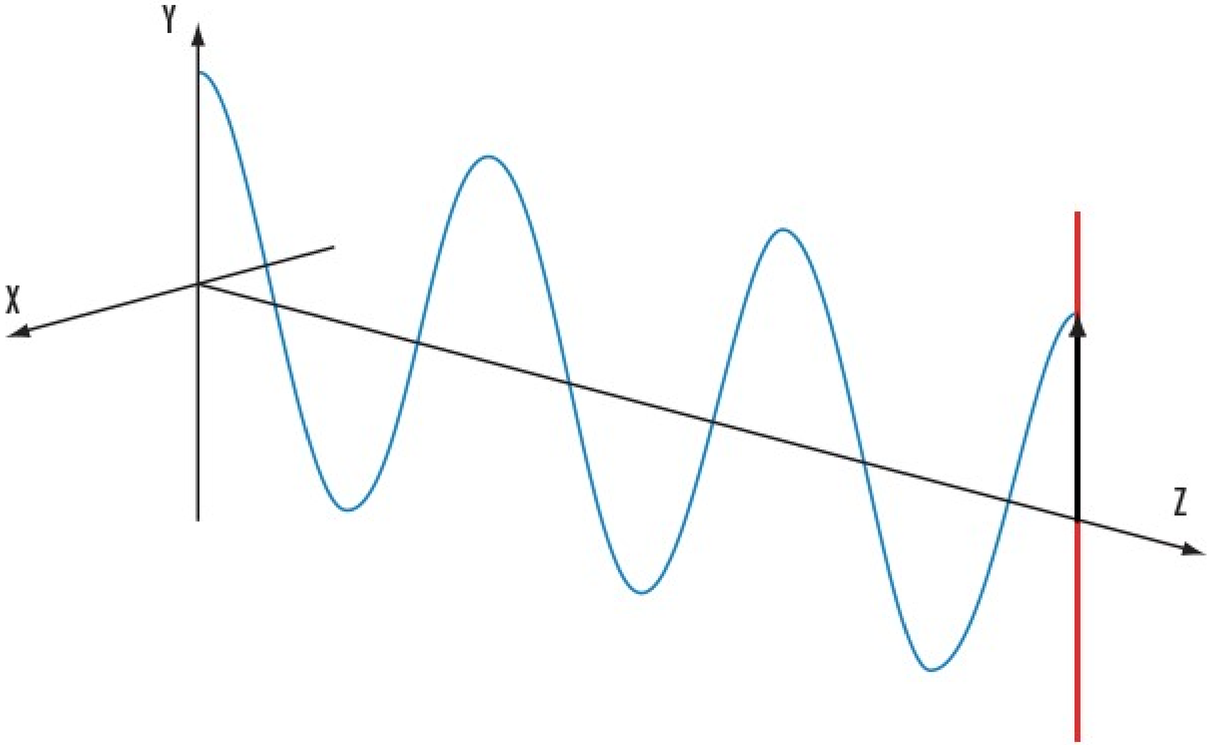


Polarização Linear - 2



O **lugar geométrico** descrito é uma **reta**

Polarização linear - 3



www.edmundoptics.com/resources/application-notes/optics/introduction-to-polarization/

Polarização Linear - 3

$$\overline{E}(z,t) = \mathrm{Re}\left\{\left(\hat{x} + A e^{j\phi}\hat{y}\right)e^{j(\omega t - kz)}\right\}$$

Fazendo $A = 1$ e $\phi = 0$ $\quad \overline{E}(z) = \left(\hat{x} + \hat{y}\right)e^{-jkz}$

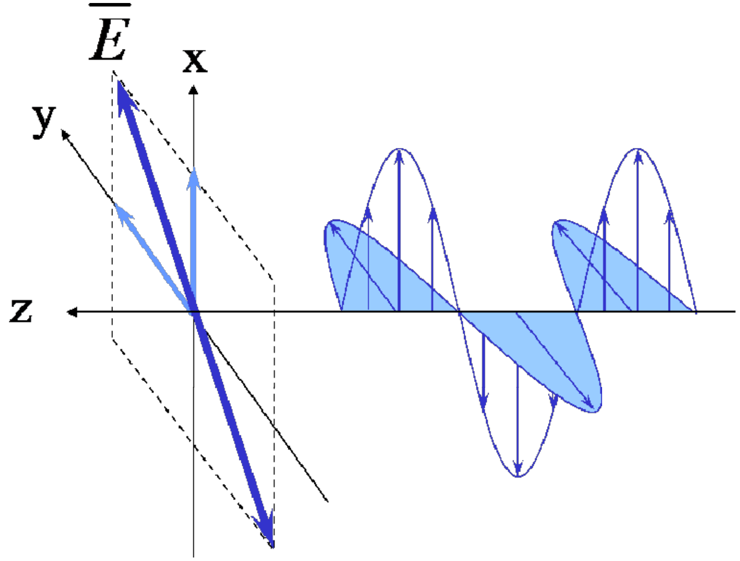
Campo físico $\overline{E}(z,t) = \left(\hat{x} + \hat{y}\right)\cos\left(\omega t - kz\right)$

$$z = 0$$

$$\omega t = 0 \Rightarrow \overline{E}(z,t) = \hat{x} + \hat{y}$$

$$\omega t = \frac{\pi}{2}, \frac{3\pi}{2} \Rightarrow \overline{E}(z,t) = 0$$

$$\omega t = \pi \Rightarrow \overline{E}(z,t) = -\hat{x} - \hat{y}$$



Polarização Circular-1

$$\overline{E}(z,t) = \mathrm{Re}\left\{\left(\hat{x} + A e^{j\phi}\hat{y}\right)e^{j(\omega t - kz)}\right\}$$

Fazendo $A = 1; \phi = \mp\pi / 2;\ \overline{E}(z,t) = \mathrm{Re}\left\{\left(\hat{x} + e^{\mp j\frac{\pi}{2}}\hat{y}\right)e^{j(\omega t - kz)}\right\}$

Campo físico $\overline{E}(z,t) = \hat{x}\cos(\omega t - kz) \pm \hat{y}sen(\omega t - kz)$

$$z = 0$$

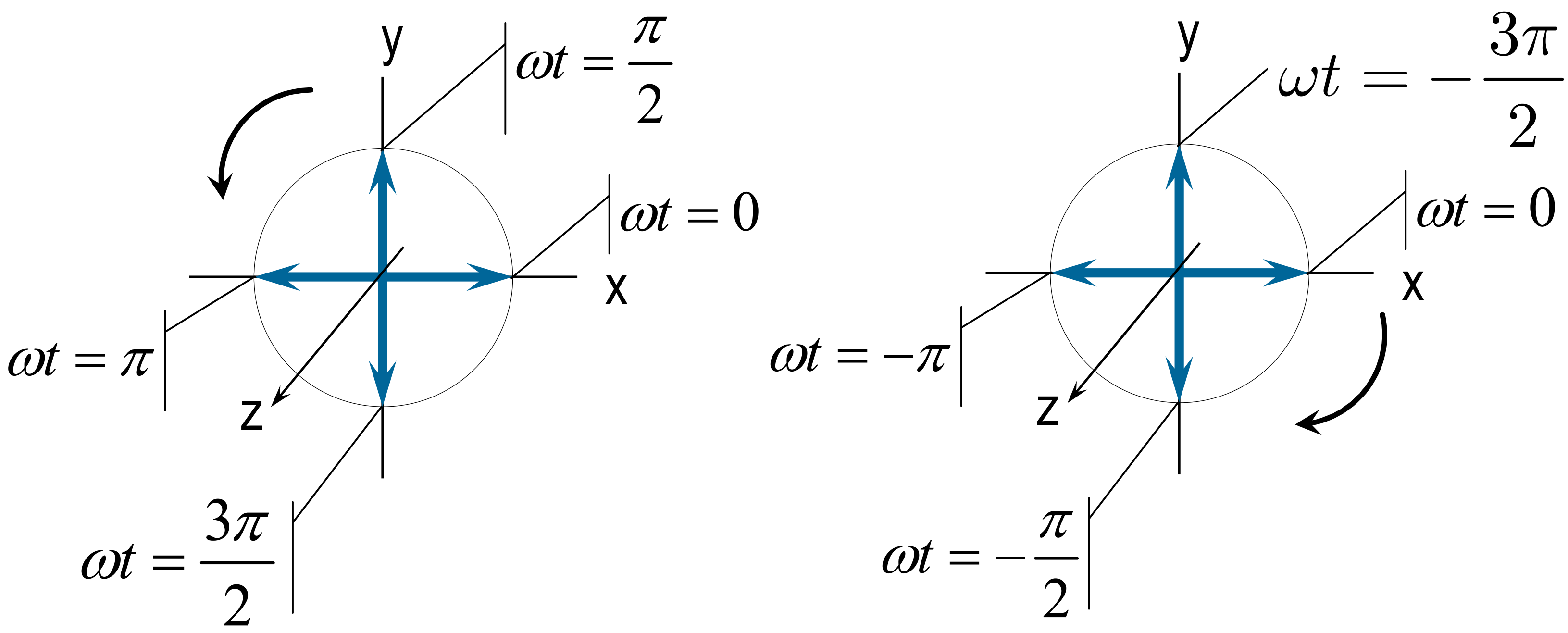
$$\omega t = 0 \Rightarrow \overline{E}(z,t) = \hat{x}$$

$$\omega t = \frac{\pi}{2} \Rightarrow \overline{E}(z,t) = \pm\hat{y}$$

$$\omega t = \pi \Rightarrow \overline{E}(z,t) = -\hat{x}$$

$$\omega t = \frac{3\pi}{2} \Rightarrow \overline{E}(z,t) = \mp\hat{y}$$

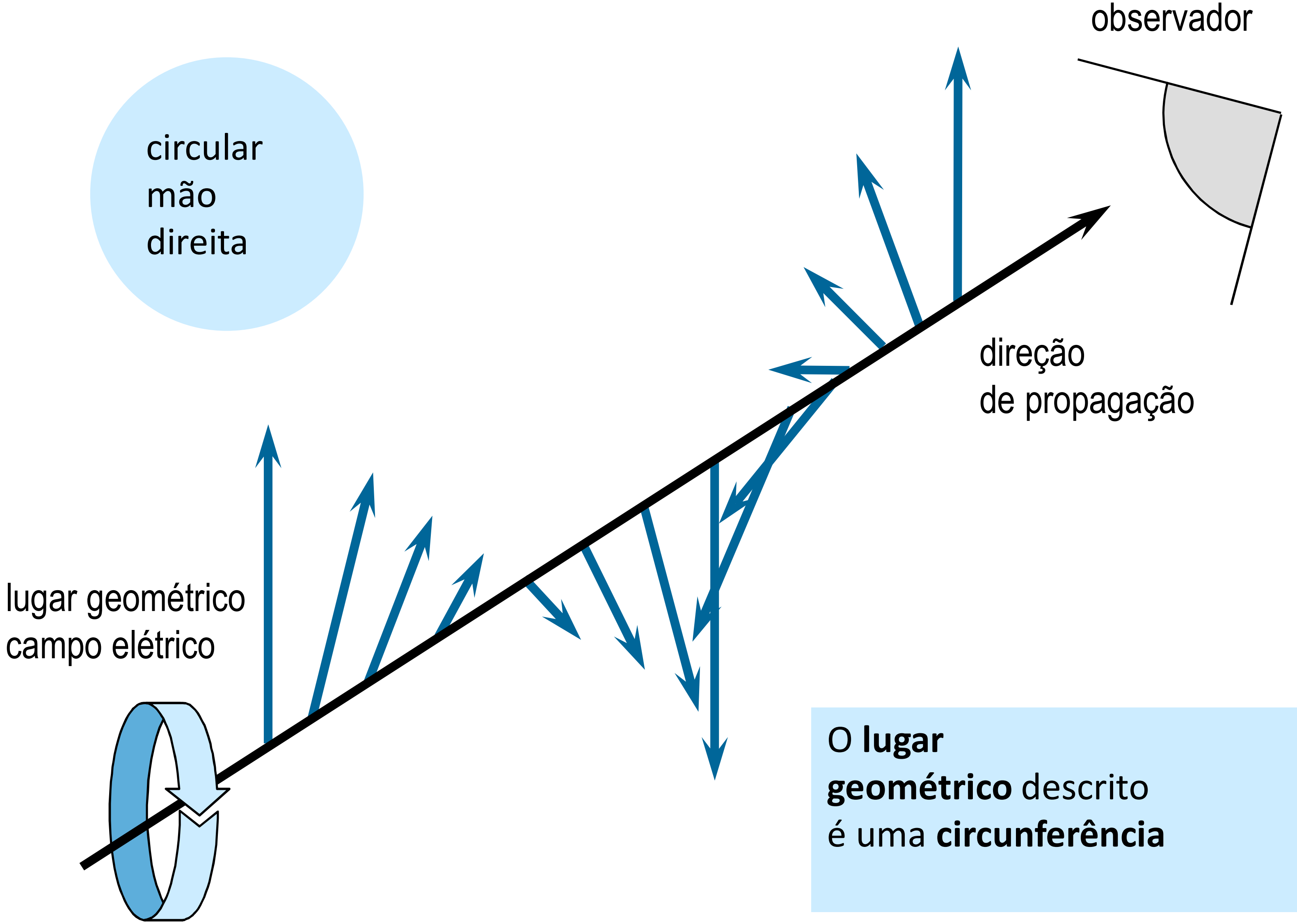
Polarização Circular-2



Mão direita

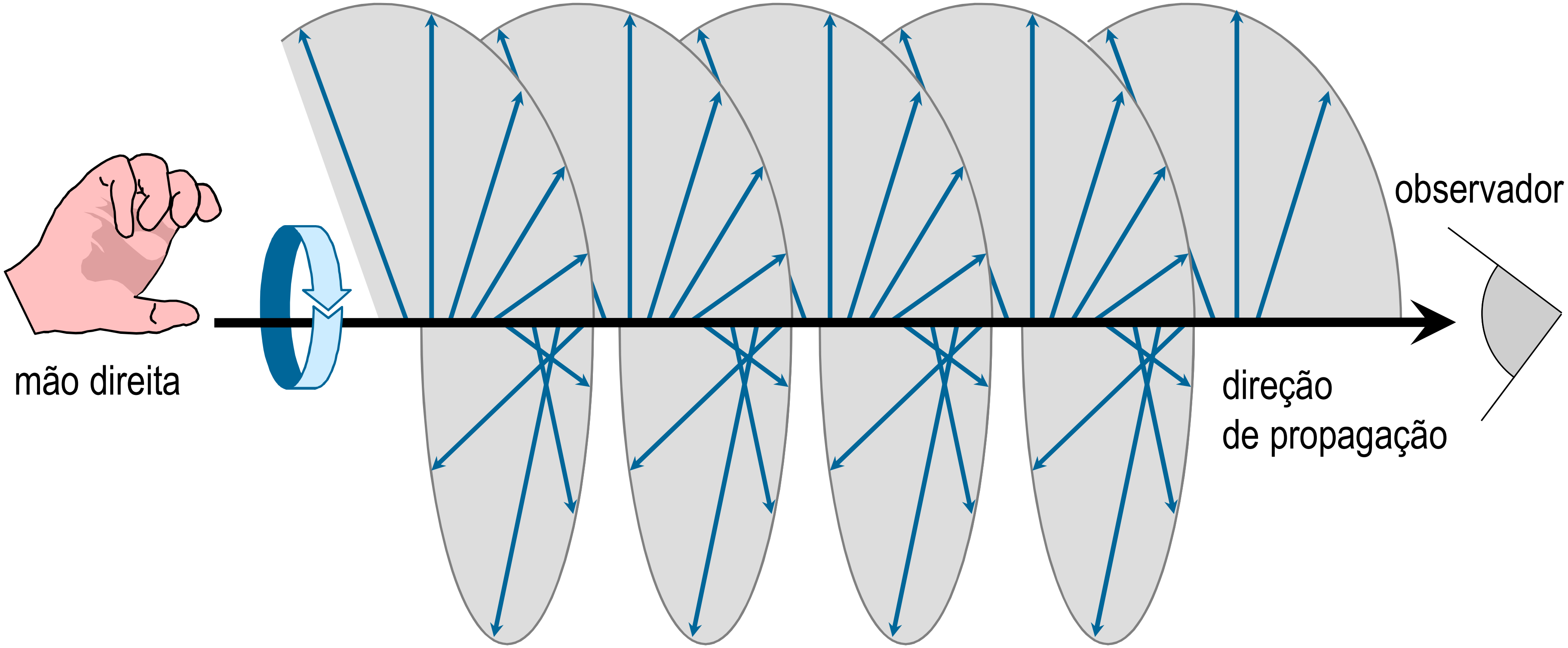
Mão esquerda

Polarização Circular-3



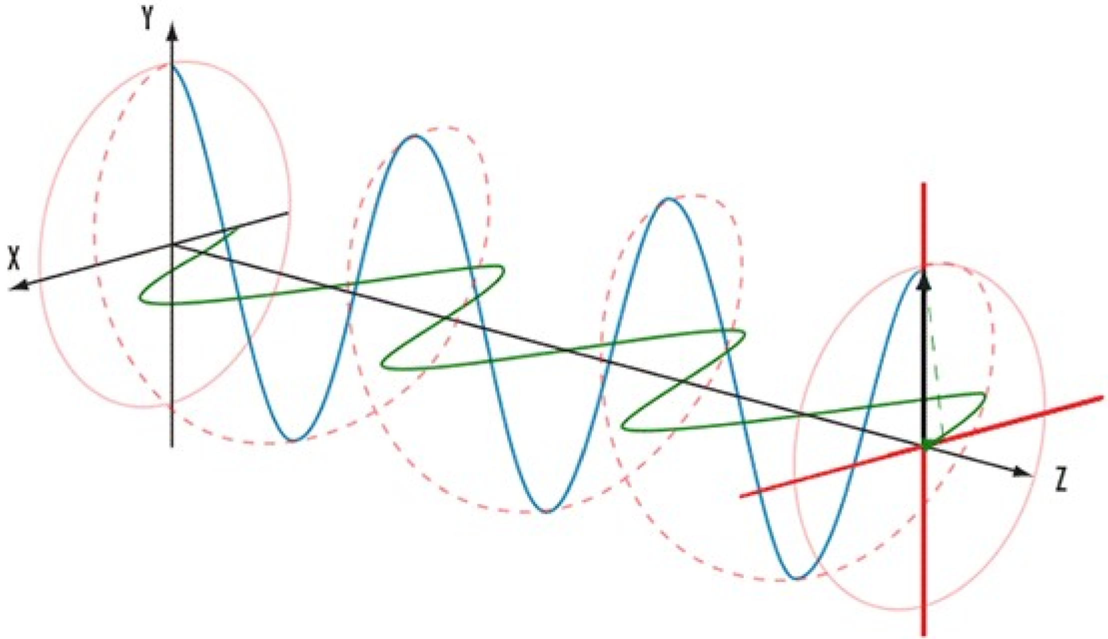
O **lugar geométrico** descrito é uma **circunferência**

Polarização Circular-4



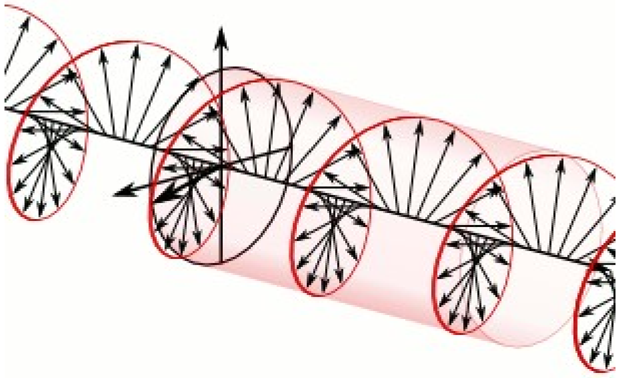
trajetória descrita pelo “ponta”do vetor campo elétrico de uma onda circularmente polarizada à direita

Polarização Circular-5

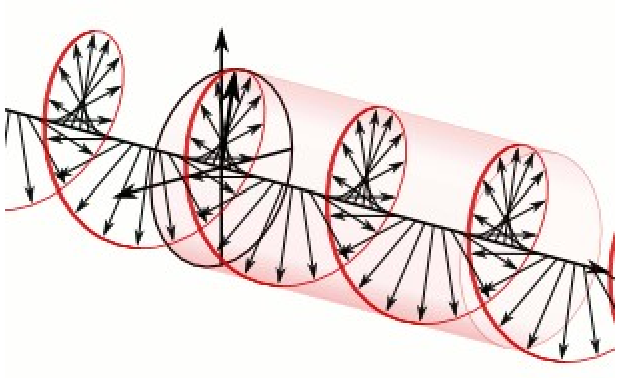


www.edmundoptics.com/resources/application-notes/optics/introduction-to-polarization/

Polarização circular-5



Mão direita



Mão esquerda

Polarização Elíptica-1

elipse no plano x-y

campo elétrico $$\overline{E}\left(z,t\right)=\hat{x}\cos\left(\omega t-kz\right)\pm\widehat{y2}sen\left(\omega t-kz\right)$$

$$z=0$$

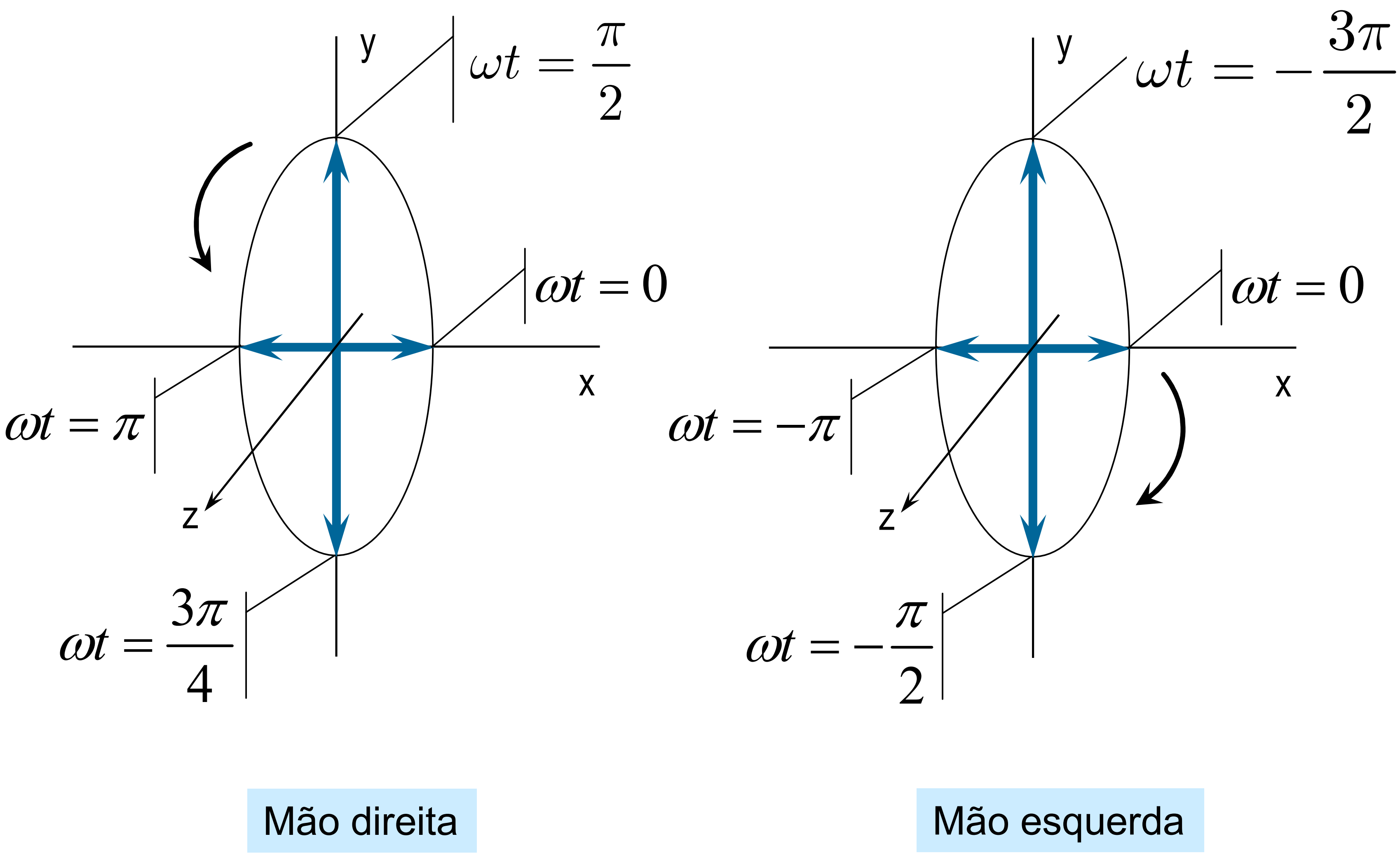
$$\omega t=0\Rightarrow\overline{E}\left(z,t\right)=\hat{x}$$

$$\omega t=\frac{\pi}{2}\Rightarrow\overline{E}\left(z,t\right)=\pm2\hat{y}$$

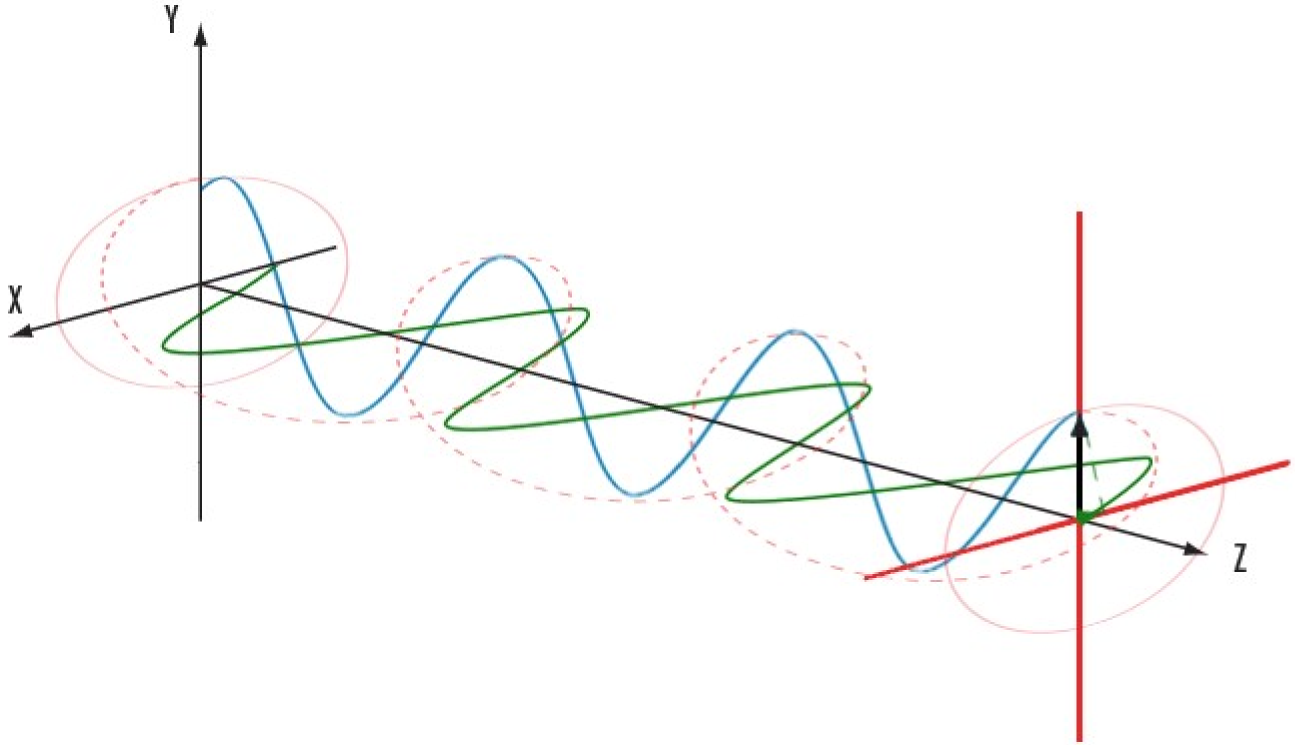
$$\omega t=\pi\Rightarrow\overline{E}\left(z,t\right)=-\hat{x}$$

$$\omega t=\frac{3\pi}{2}\Rightarrow\overline{E}\left(z,t\right)=\mp2\hat{y}$$

Polarização Elíptica-2

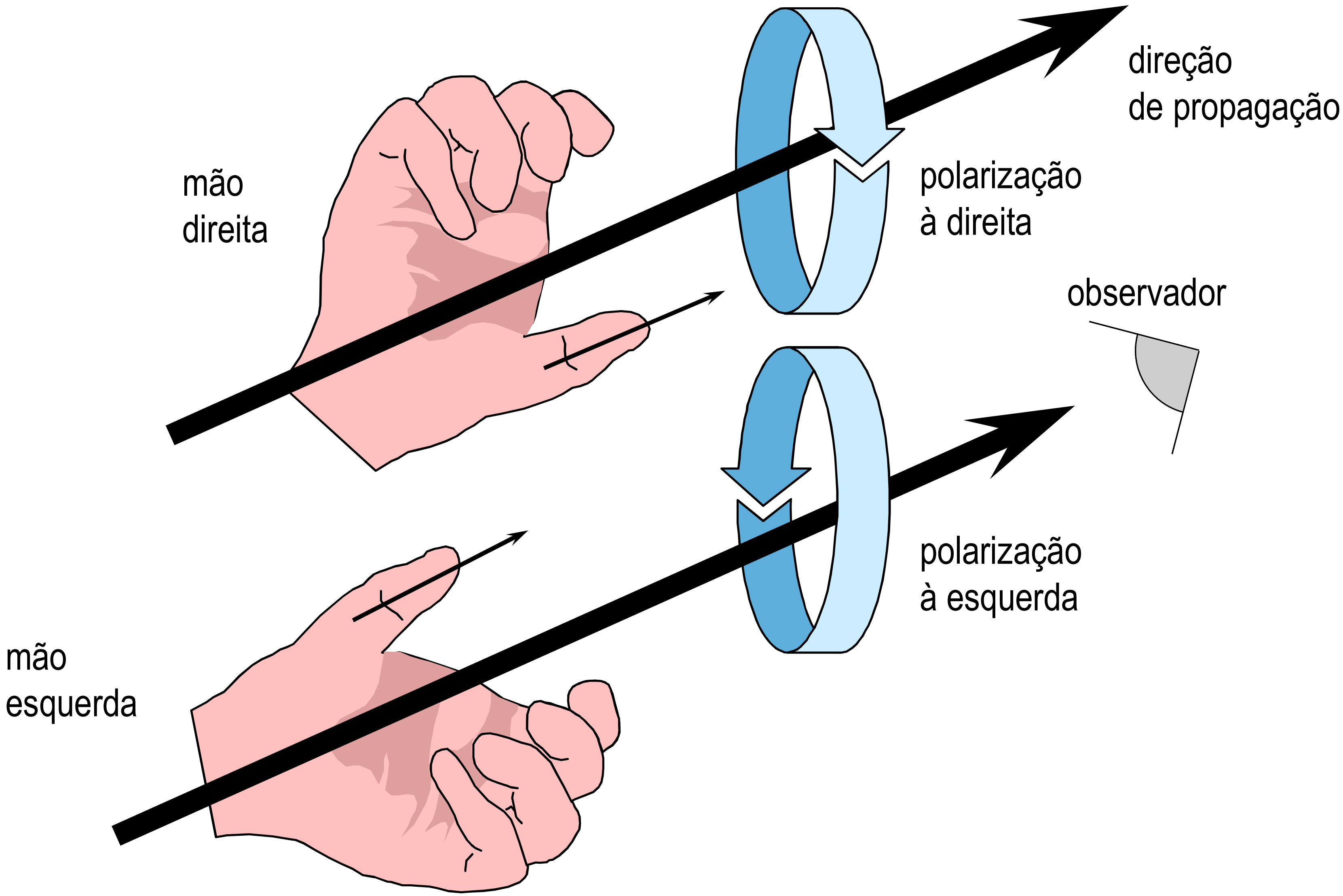


Polarização Elíptica-3

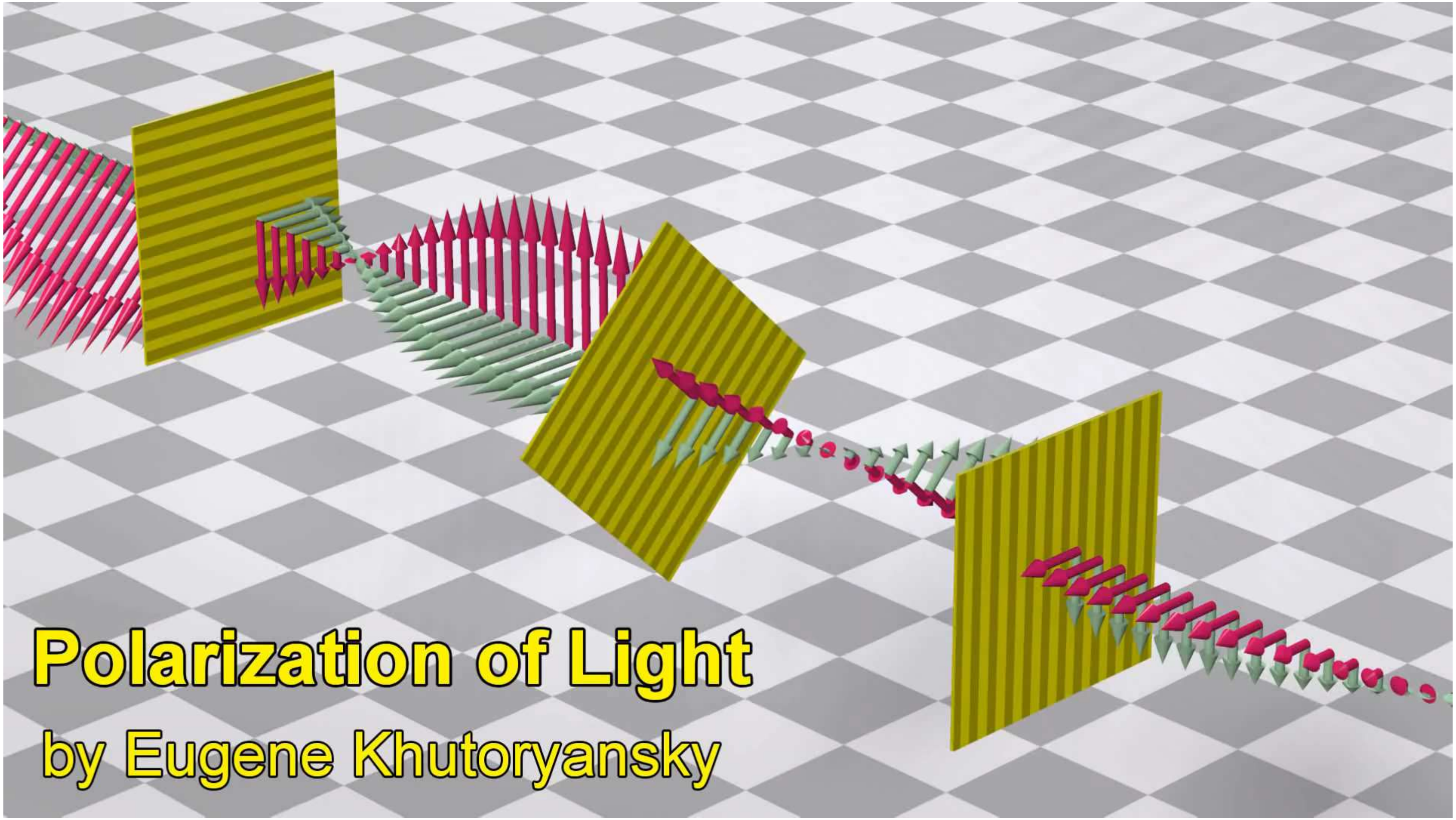


www.edmundoptics.com/resources/application-notes/optics/introduction-to-polarization/

Sentido de Polarização: Circular e Elíptica

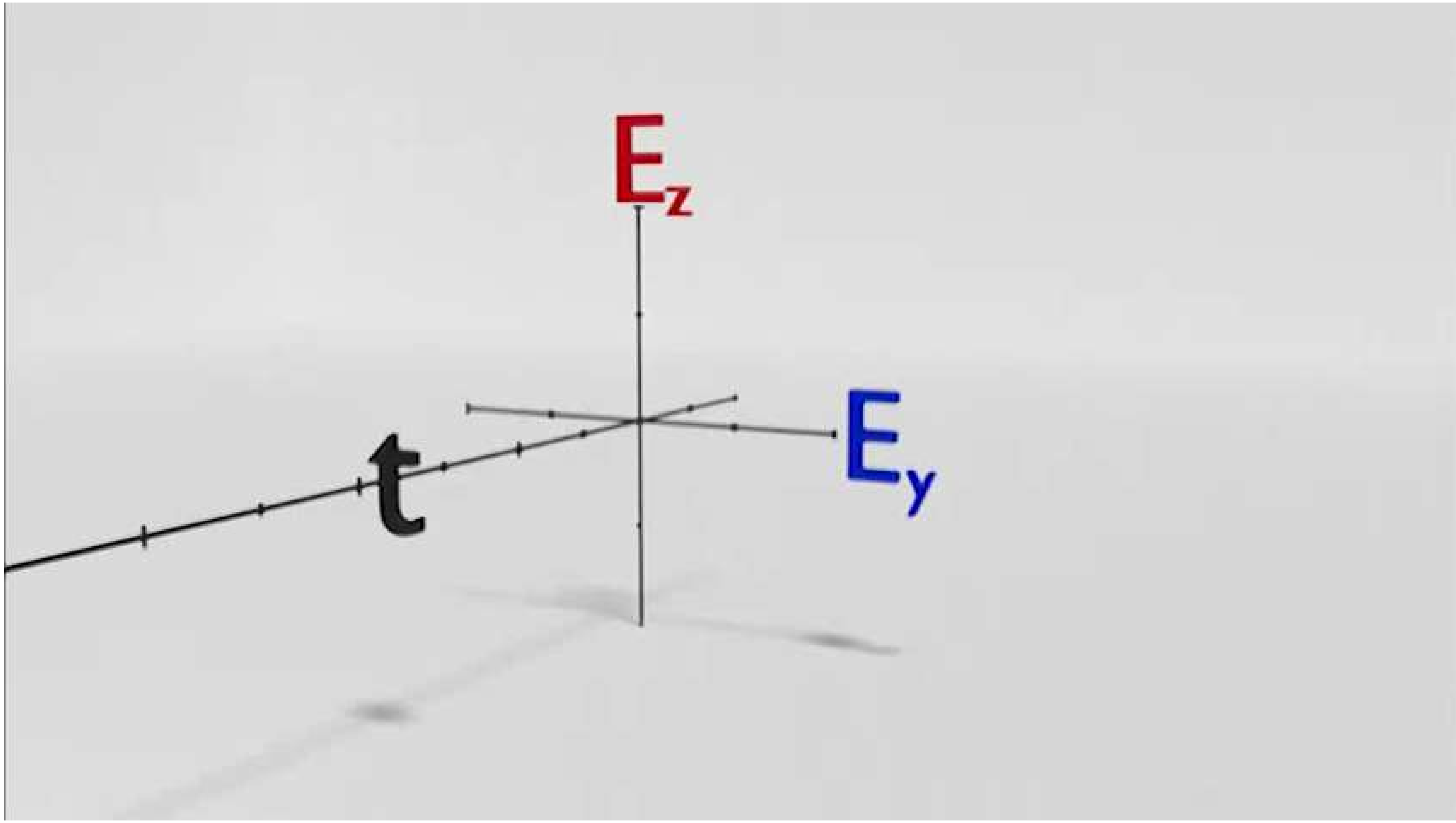


Polarização de onda (Eugene Khutoryansky)

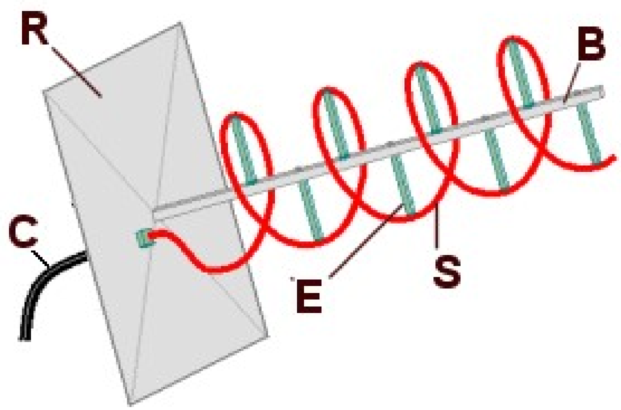


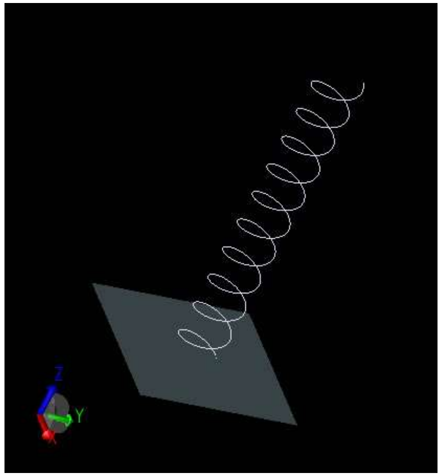
https://www.youtube.com/user/EugeneKhutoryansky

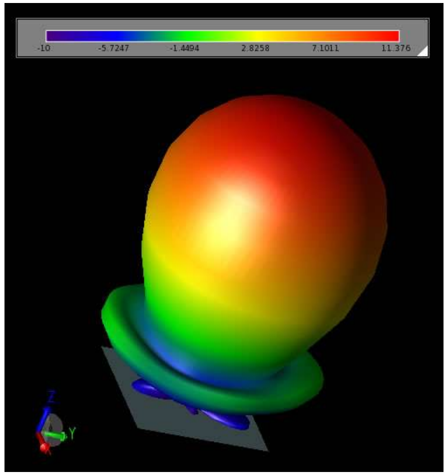
Polarização de onda



Antena helicoidal-1







(B) Suporte central
(C) Cabo coaxial de alimentação
(E) Espaçadores/suportes
(S) Elemento helicoidal

Polarização linear ou circular, dependendo do passo (entre duas espiras) em relação a λ

Referências dos vídeos

- (Physics Videos by Eugene Khutoryansky)
- https://www.youtube.com/watch?v=Fu-aYnRkUgg&index=2&list=FLO4alMf38WFQWgUQIncZ_yg