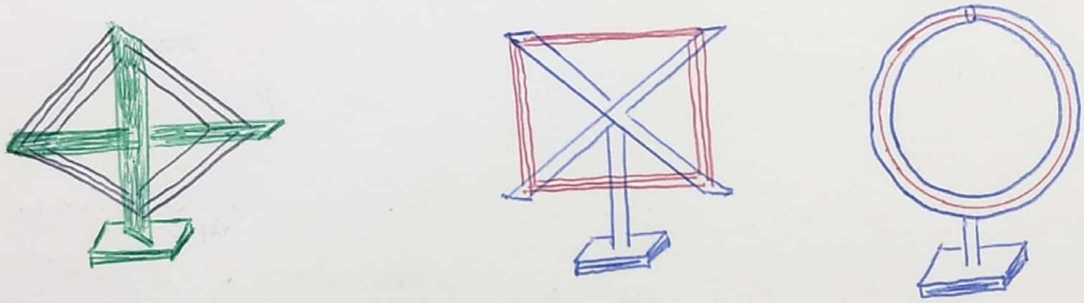
Aula 17 — Antenas de Quadro

- Circular Pequeno
  - → Campos Radiados
  - → Densidade de Potência
  - → Resistência de Radiação
  - → Região de Campos Próximo e Distante.

- Antena versátil, simples e de baixo custo.
- formas:



$\exists$ duas categorias
- → eletricamente pequenas
- → Eletricamente grandes

$\boxed{\text{Eletricamente Pequenas: } C < \frac{\lambda}{10}}$ C circunferência

$\boxed{\text{Eletricamente Grandes: } C \sim \lambda}$

faixa de operação: HF (3-30 MHz)
VHF (30-300 MHz)
UHF (300-3000 MHz)

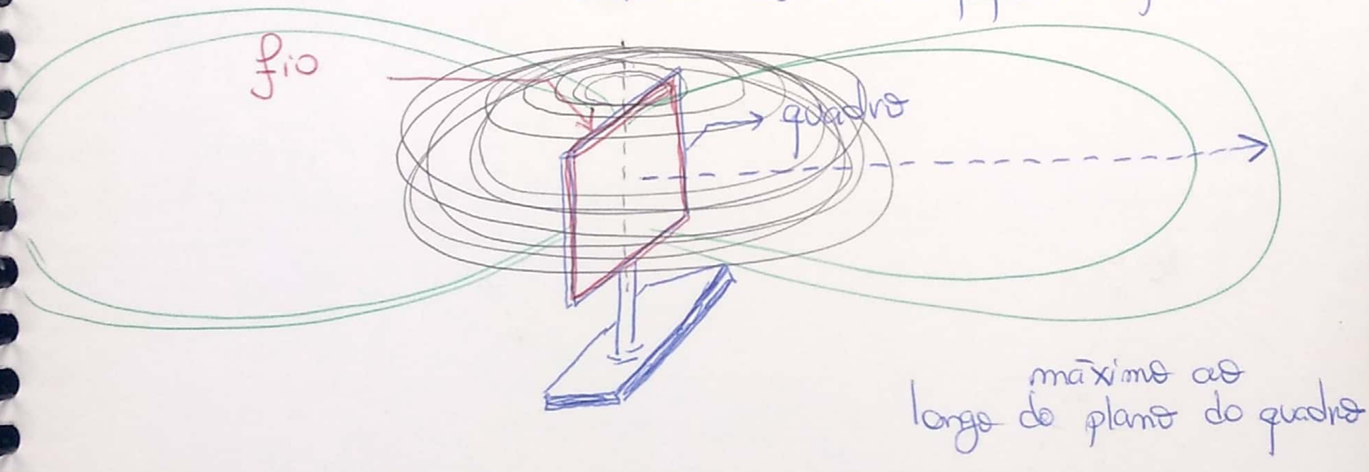
Antenas de quadro com C pequenos
→ circunferência

↳ Rrad ↓

↳ radiadores ineficientes

↳ usados p/ recepção, onde a eficiência da antena não é tão importante.

↳ diagrama de radiação (independente da forma) é similar ao de um dipolo infinitesimal



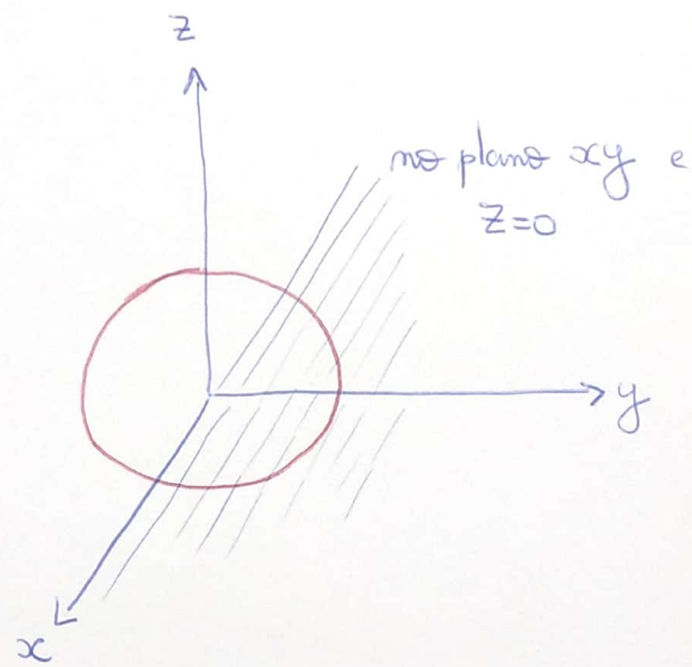
- A Rrad pode ser aumentada, ↑ seu perímetro e/ou número de voltas (espiras)

- Ou, inserir na sua circunferência ou perímetro, uma peça de ferrita de permeabilidade muito alta, que eleva a intensidade do $\vec{H}$.

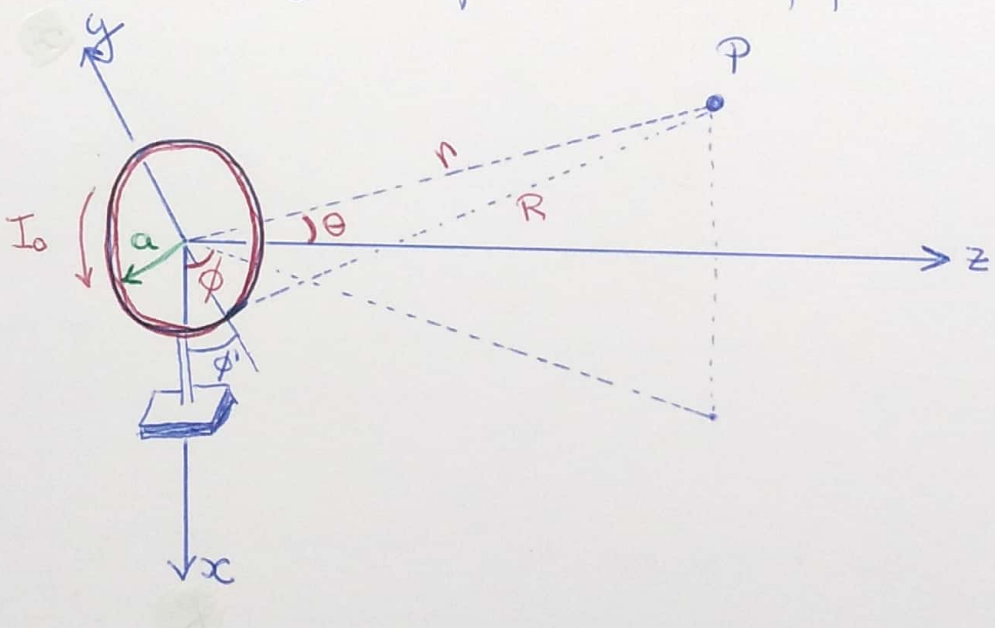
↳ chamado de quadro de ferrita.

Campos Radiados

↳ quadro circular pequeno.



Imagine o seguinte quadro circular pequeno:



$$\text{Range} = R = \sqrt{(x-x')^2 + (y-y')^2 + (z-z')^2}$$

como: $x = r \sin\theta \cos\phi$ $\qquad x' = a\cos\phi'$

$y = r\sin\theta \sin\phi$ $\qquad y' = a \sin\phi'$

$z = r\cos\theta$ $\qquad z' = 0$

de modo que.

$$\boxed{\text{Range} = R = \sqrt{r^2 + a^2 - 2ar\sin\theta\cos(\phi - \phi')}}$$

Os algebrismos vão mostrar pp. 130–132 do Balanis, que:

$$\mathcal{H}_r = j\frac{ka^2 I_0 \cos\theta}{2r^2}\left[1 + \frac{1}{jkr}\right]e^{-jkr}$$

$$\mathcal{H}_\theta = -\frac{(ka)^2 I_0 \sin\theta}{4r}\left[1 + \frac{1}{jkr} - \frac{1}{(kr)^2}\right]e^{-jkr}$$

$$\mathcal{H}_\phi = 0$$

com $\vec{J} = 0$, encontramos:

$$E_r = E_\theta = 0$$

$$E_\phi = \eta\frac{(ka)^2 I_0 \sin\theta}{4r}\left[1 + \frac{1}{jkr}\right]e^{-jkr}$$

Percebe-se que trata-se de uma antena, puramente magnética.

↳ Portanto que, usando o princípio da dualidade dos campos, (dos campos de um dipolo elétrico), encontra-se um dipolo magnético $(I_m l)$ dado por:

$$\boxed{I_m l = j\underbrace{(\pi a^2)}_{S}.\underbrace{(2\pi f)}_{\omega}.\mu.I_0}$$

Densidade de Potência ($\vec{S}$) e Resistência de Radiação (R_{rad})

Começamos por:

$$\vec{S} = \frac{1}{2}\left(- E_\phi H_\theta^* \hat{a}_r + E_\phi H_r^* \hat{a}_\theta\right)$$

integrando; somente a componente radial S_r:

$$S_r = \eta \frac{(ka)^4}{32} |I_0|^2 \frac{\sin^2\theta}{r^2}\left[1 + j\frac{1}{(kr)^3}\right]$$

$$P_{rad} = \oiint \vec{S}\, ds$$

$$P_{rad} = \oiint S_r\, ds$$

$$P_{rad} = \eta \frac{(ka)^4}{32} |I_0|^2 \int_0^{2\pi}\int_0^{\pi}\left[1 + j\frac{1}{(kr)^3}\right] \sin^3\theta\, d\theta\, d\phi$$

se reduz a

$$\boxed{P_{rad} = \eta \left(\frac{\pi}{12}\right)(ka)^4 |I_0|^2 \left[1 + j\frac{1}{(ka)^3}\right]}$$

qdo: $kr \ll$ ⟶ 2º termo é dominante — potência é reativa

qdo: $kr \gg 1$ ⟶ campo distante, 2º termo ↓ — potência é real logo:

$$\boxed{\begin{aligned} R_{rad} &= \eta\left(\frac{\pi}{6}\right)(k^2a^2)^2 = \eta\,\frac{2\pi}{3}\left(\frac{k\,A_{rea}}{\lambda}\right)^2 \\ R_{rad} &= 20\pi^2\left(\frac{C}{\lambda}\right)^4 \simeq 31.171\left(\frac{A_{rea}^2}{\lambda^4}\right) \end{aligned}}$$

Resistência de radiação de uma única espira.

onde: $A_{rea} = \pi a^2$ e $C = 2\pi a$

Para N espiras:

$$\boxed{R_{rad} = \eta\left(\frac{2\pi}{3}\right)\left(\frac{k\,A_{rea}}{\lambda}\right)^2 . N = 31.171\, N^2\left(\frac{A_{rea}^2}{\lambda^4}\right)}$$

$\downarrow$

$\exists$ 2 métodos p/ medir a eficiência de radiação de um quadro pequeno de múltiplas espiras.

Método de Wheeler

Método do Q

Ver a referência [4], pp. 153 – do Balanis

Scanned by CamScanner

Eficiência de radiação de quadros circulares pequenos.

$$e_{cd} = \left[\frac{R_r}{R_L + R_r}\right]$$

onde:

$$R_{rad} = \eta \left(\frac{2\pi}{3}\right)\left(\frac{k \cdot A_{rea}}{\lambda}\right)^2 \cdot N^2$$

$$R_L = \frac{R_S}{C} = \frac{R_S}{2\pi b}$$

$b \rightarrow$ raio do fio

$$R_S = \sqrt{\frac{\omega \mu_0}{2\sigma}}$$

são iguais

$$R_O = \text{resist. ôhmica/comprimento } (\Omega/m) = \frac{N \cdot R_S}{2\pi b}$$

Região de Campo Próximo ($kr \ll 1$)

↳ são referidos como Campos Quase-Estacionários

$$\mathcal{H}_r \cong \frac{a^2 I_0 e^{-jkr}}{2r^3} \cos\theta$$

$$\mathcal{H}_\theta \cong \frac{a^2 I_0 e^{-jkr}}{4r^3} \sin\theta$$

$$\mathcal{H}_\phi = E_r = E_\theta = 0$$

$$E_\phi \cong -j \frac{a^2 k I_0 e^{-jkr}}{4r^2} \sin\theta$$

Região de Campo Distante ($kr \gg 1$)

$$\mathcal{H}_\theta \cong -\frac{k^2 a^2 I_0 e^{-jkr}}{4r} \sin\theta = -\frac{\pi A_{rea} I_0 e^{-jkr}}{\lambda^2 r} \sin\theta$$

$$E_\phi \cong \eta \frac{k^2 a^2 I_0 e^{-jkr}}{4r} \sin\theta = \eta \frac{\pi A_{rea} I_0 e^{-jkr}}{\lambda^2 r} \sin\theta$$

com: $A_{rea} = \pi a^2$

$$\mathcal{H}_r \cong \mathcal{H}_\phi = E_r = E_\theta = 0$$

sendo: impedância da onda $Z_{onda} = -\frac{E_\phi}{\mathcal{H}_\theta} \simeq \eta$

Os campos formam uma onda Transverso Eletro Magnética (TEM).

Intensidade de Radiação e Diretividade

$$U = \frac{\eta}{2}\left(\frac{k^2a^2}{4}\right)^2 |I_0|^2 \sin^2\theta$$

U é máximo qdo $\theta = \frac{\pi}{2}$, logo

$$\boxed{U_{max} = \frac{\eta}{2}\left(\frac{k^2a^2}{4}\right)^2 |I_0|^2}$$

$$\boxed{D_{max} = 4\pi \frac{U_{max}}{P_{rad}} = \frac{3}{2}}$$

Máxima Área Efetiva será:

$$\boxed{A_{eff} = \left(\frac{\lambda^2}{4\pi}\right) D_{max} = \frac{3\lambda^2}{8\pi}}$$