

**P1 Propagação e Antenas – 2018-1 –Marcelo Perotoni**

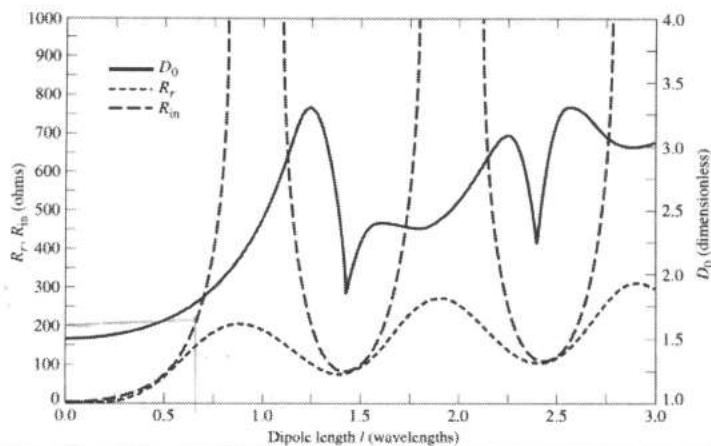
1. Uma antena de fio curta apresenta  $Z_{in} = 0.1 - j200\Omega$ , na frequência de 400 MHz. Calcule: **(a)** Os componentes RC que representam a antena. **(b)** Calcule o  $\Gamma$  para essa antena, se colocada em uma linha de transmissão de  $50\Omega$ . **(c)** Caso seja colocado um resistor em série à antena, teríamos um aumento no sinal recebido pela antena? **(d)** Ao aumentarmos a frequência de operação, que podemos supor sobre  $Z_{in}$  dessa antena? Desenhe na carta da Smith o esboço do comportamento esperado.

2. Uma onda EM com campo elétrico de  $1\text{mV/m}$  incide em uma antena com área efetiva de  $1\text{m}^2$ . **(a)** Calcule a densidade de energia da onda, sabendo que se trata de uma onda TEM no espaço livre. **(b)** Compute a potência absorvida por essa antena. **(c)** A antena, tendo polarização linear alinhada com a onda incidente, é rodada  $45^\circ$ . Qual a potência agora recebida? **(d)** No caso anterior (c) foi detectada uma potência de  $-68\text{ dBm}$  em um analisador de espectro. Qual a perda de reflexão  $\Gamma$  da antena?

3. Uma antena possui intensidade de radiação  $U = \sin\theta \cdot \sin^3\phi$ , com ambas variáveis  $\theta$  e  $\phi$  compreendidos entre  $0$  e  $\pi$ . **(a)** Sabendo que  $\text{Prad} = \iint U \sin\theta d\theta d\phi$ , calcule a Prad. **(b)** Calcule a Diretividade  $D = 4\pi U_{\text{max}} / \text{Prad}$ . **(c)** A eficiência da antena pode ser estimada em  $0.8$ , compute o ganho em dB.

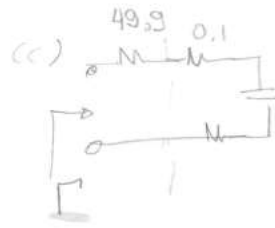
$$\int \sin^n x dx = -\frac{\sin^{n-1} x \cos x}{n} + \frac{n-1}{n} \int \sin^{n-2} x dx \quad \int \sin^2 x dx = \frac{1}{2} \left( x - \frac{\sin 2x}{2} \right) + C = \frac{1}{2} (x - \sin x \cos x) + C$$

4. Uma antena dipolo de comprimento genérico  $l$  necessita ser projetada para ter  $200\Omega$  de impedância de entrada. **(a)** Analise a figura abaixo e escolha o comprimento mais adequado. **(b)** Essa antena está substituindo uma antena isotrópica, que recebia uma potência em seus terminais  $-40\text{ dBm}$ . Suponha que a eficiência do dipolo é unitário, qual seria a potência recebida pelo dipolo por vc projetado, na direção de máxima diretividade? **(c)** Desenhe a antena e suas dimensões para a frequência de  $1\text{ GHz}$ . **(d)** Ao aproximarmos essa antena de um refletor metálico, o que voce esperaria que acontecesse com a potência recebida? Aumentaria ou diminuiria? Justifique.



①  $Z_{in} = 0.1 - j200$   $f = 400\text{MHz}$  (a)  $C \rightarrow Z_C = -\frac{j}{\omega C} \therefore Z_{00} = \frac{1}{2\pi C (400 \times 10^6)}$

(b)  $\Gamma = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} = 0.998 \angle -28^\circ$



$C \approx 2\text{pF}$

Não, pois  $\Gamma$  diminuiu  
contudo maior parte  
da tensão irá ficar  
sobre o  $R = 0.1$ , que  
representa a antena

(d)  $f \rightarrow \infty$  passamos a encontrar  
ressonâncias, passa  
na parte real e vira -m



② (a)  $W = \frac{E^2}{2\eta} = \frac{(1E-3)^2}{2.377} = 1.32E-9 \frac{W}{m^2}$

(b)  $P = W \cdot A = 1.32E-9 \frac{W}{m^2} \cdot 1m^2$

$P = 1.32E-9 W$

(c) Redondo  $45^\circ \rightarrow$  perde  $\frac{1}{3}$  potência

$P_{45^\circ} = \frac{1.32E-9 W}{3} = 6.63E-10 W$

(d)  $-68 \text{ dBm} = 10 \log P_{mW}$   
 $P_{mW} = 10^{-6.8}$

$(1 - |\Gamma|^2) P_{in} = P_{45}$   
 $1 - |\Gamma|^2 = \frac{6.63E-10}{10^{-6.8}}$   
 $\Gamma = \sqrt{1 - 4.18E-3} = 0.999$

③ (a)  $U = \sin\theta \sin^3\phi$

$B = \int_0^\pi \sin^2\theta d\theta = \frac{1}{2} [\theta - \sin\theta \cos\theta]_0^\pi$

$P_{rad} = \int_0^\pi \sin^3\phi d\phi \int_0^\pi \sin^2\theta d\theta = AB$

$= \frac{1}{2} [\pi - \sin\pi \cos\pi] - \frac{1}{2} [0 - \sin 0 \cos 0]$   
 $= \pi/2$

$A = \int \sin^3\phi d\phi = -\frac{\sin^2\phi \cos\phi}{3} + \frac{2}{3} \int \sin\phi d\phi = -\frac{\sin^2\phi \cos\phi}{3} - \frac{2}{3} \cos\phi$

$\int_0^\pi = -\frac{\sin^2\pi \cos\pi}{3} - \frac{2}{3} \cos\pi + \frac{\sin^2 0 \cos 0}{3} + \frac{2}{3} \cos 0 = \frac{2}{3} + \frac{2}{3} = \frac{4}{3}$   $AB = \frac{4}{3} \cdot \frac{\pi}{2} = \frac{2\pi}{3}$

$P_{rad} = 2\pi/3$

(c)  $G = 0.8 \times 6 = 4.8$

(b)  $D_0 = \frac{4\pi U_{max}}{P_{rad}} = \frac{4\pi \cdot 1}{2\pi/3} = 4 \cdot \frac{3}{2\pi} = 6$

$= 10 \log 4.8 = 6.82$

(4) escolhemos  $\lambda \approx 0.6 \lambda$

(c)  $0.6 \lambda = 0.6 \frac{3 \times 10^8}{1 \times 10^9} = 18 \text{ cm}$



(b)  $D_0 \approx 1.7$  como  $eff \approx 1$

$G = 1.7$  em dB:  $\therefore 10 \log 1.7 = 2.3$  dB

Logo teremos 2.3 dB mais potência

Precebida =  $-40 + 2.3 = -37.6$  dBm

(d) Ao colocarmos um refletor temos em primeira ordem um aumento da diretividade logo a potência recebida  $\uparrow$ .

(5) cálculo H:  $W = \frac{E^2}{2\eta_0}$  e  $E = \eta_0 H \Rightarrow W = \frac{\eta_0^2 H^2}{2\eta_0} = \frac{\eta_0 H^2}{2} \therefore H = \sqrt{\frac{2W}{\eta_0}} = \sqrt{\frac{2 \times 10^{-6}}{377}}$

(a) cálculo B:  $B = \mu_0 H = 4\pi \times 10^{-7} \cdot (7.28 \times 10^{-5}) = 9.15 \times 10^{-11} \text{ T}$

$v = -\frac{\partial BA}{\partial t} = (\pi r^2) (6 \times 10^5) (9.15 \times 10^{-11}) \cos(6 \times 10^5 t) = 4.31 \times 10^{-7} \cos(6 \times 10^5 t) \text{ V}$

(b) cálculo  $\lambda$ :  $2\pi f = \omega = 6 \times 10^5 \rightarrow f = 6 \times 10^5 / 2\pi = 95.5 \text{ kHz} \rightarrow \lambda = \frac{3 \times 10^8}{95.5 \times 10^3} = 3141.6$   
 $R_r = 31171 \cdot \frac{[\pi \cdot 5 \times 10^{-2}]^4}{(3141.6)^4} = 1.94 \times 10^{-13} \rightarrow$  curto circuito

(c)  $L = \mu_0 a \left[ \ln\left(\frac{8.5 \times 10^{-2}}{1 \times 10^{-3}}\right) - 2 \right] = 4\pi \times 10^{-7} (5 \times 10^{-2}) \left[ \ln(400) - 2 \right] = 2.5 \times 10^{-7}$

At ressonar:  $f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \rightarrow C = \frac{1}{L [2\pi f_r]^2} = \frac{1}{2.5 \times 10^{-7} [2\pi \cdot 95.5 \times 10^3]^2} \approx 11 \mu\text{F}$