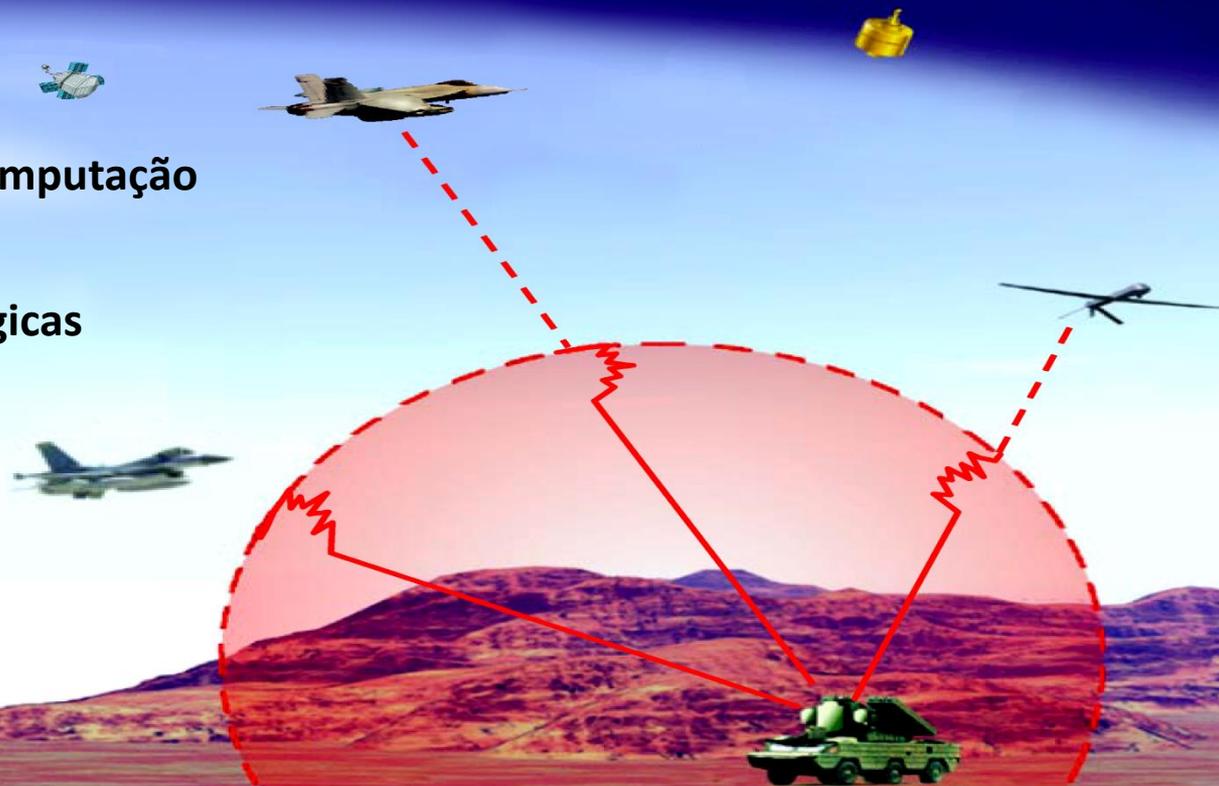




Homeworks 19 a 21 referente às aulas 16 a 18 de
“Comunicações Estratégicas – ELC1148”, aulas
disponibilizadas em
<http://www.fccdecastro.com.br/download.html>.

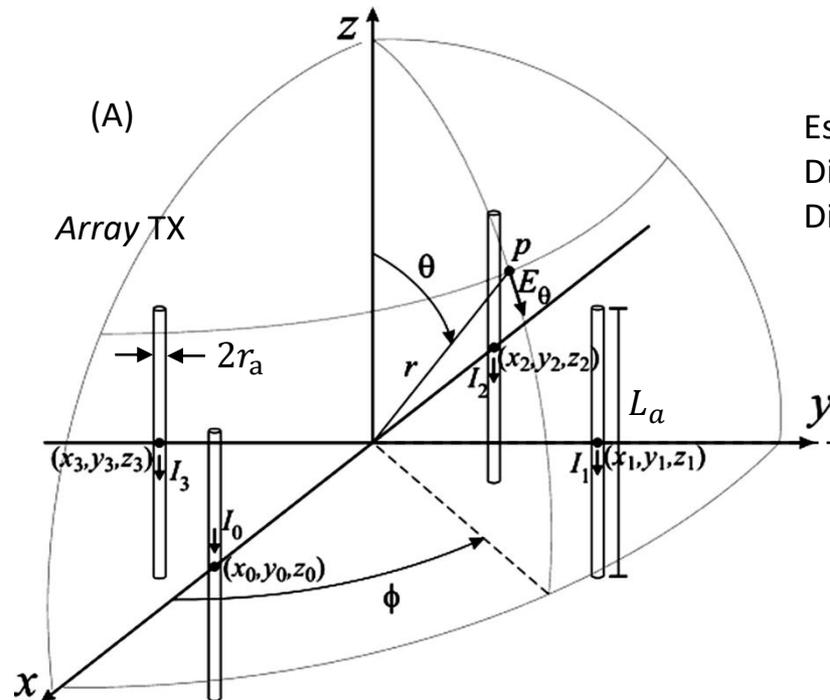
Departamento de Eletrônica e Computação
Centro de Tecnologia
ELC1148 – Comunicações Estratégicas
Prof. Fernando DeCastro

Homeworks referentes à matéria
de ELC1148 até a aula de
14/06/2022 em modalidade EAD.



Homework 19

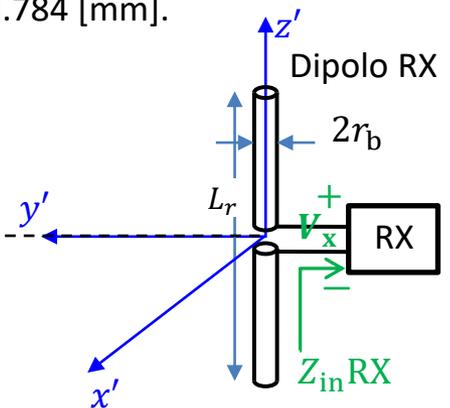
Um enlace operando em $f_0 = 435$ [MHz] é estabelecido entre um *phased-array* formado por $K = 4$ dipolos TX e um dipolo RX conforme mostrado em (A) abaixo. A distância entre o centro de fase do *array* (= origem do sistema cartesiano xyz do *array*) e o centro do sistema cartesiano $x'y'z'$ do dipolo RX é $r = 10$ [Km]. As coordenadas dos centros dos dipolos do *array* são respectivamente $(x_0, y_0, z_0) = (17.229, 0, 0)$ [cm], $(x_1, y_1, z_1) = (0, 17.229, 0)$ [cm], $(x_2, y_2, z_2) = (-17.229, 0, 0)$ [cm], $(x_3, y_3, z_3) = (0, -17.229, 0)$ [cm]. As correntes **de radiação** em cada dipolo do *array* são $I_0(t) = 0.2 \cos(2\pi f_0 t + 0^\circ)$ [A], $I_1(t) = 0.2 \cos(2\pi f_0 t - 90^\circ)$ [A], $I_2(t) = 0.2 \cos(2\pi f_0 t + 0^\circ)$ [A] e $I_3(t) = 0.2 \cos(2\pi f_0 t + 90^\circ)$ [A]. As condições de propagação da onda EM se aproximam da propagação no espaço livre. A impedância de entrada do amplificador no *front-end* de RF do RX é $Z_{in\ RX} = 600 + j50$ [Ω]. **Pede-se:** (a) Determine o fasor das tensões nos terminais dos dipolos do *array*. (b) Determine a potência útil em [W] que alimenta cada dipolo do *array*. (c) Determine a magnitude da componente E_θ do campo elétrico e o módulo S do vetor de Poynting, ambos gerados nas vizinhanças próximas do dipolo RX pela onda EM irradiada pelo *array* TX. (d) Determine a área de recepção A_{RX} através da qual o dipolo RX extrai potência das frentes de onda da onda EM que nele incide proveniente do *array* TX. (e) Determine a tensão de pico V_x nos terminais do dipolo RX. (f) Plote em um gráfico polar o contorno do campo E_θ no plano H gerado pelo *array* a uma distância $r = 10$ [km] de centro de fase do *array*.



Especificação da geometria dos dipolos:

Dipolos TX: $L_a = 120.606$ [cm] e $r_a = 6.892$ [mm].

Dipolo RX: $L_r = 120.606$ [cm] e $r_b = 13.784$ [mm].

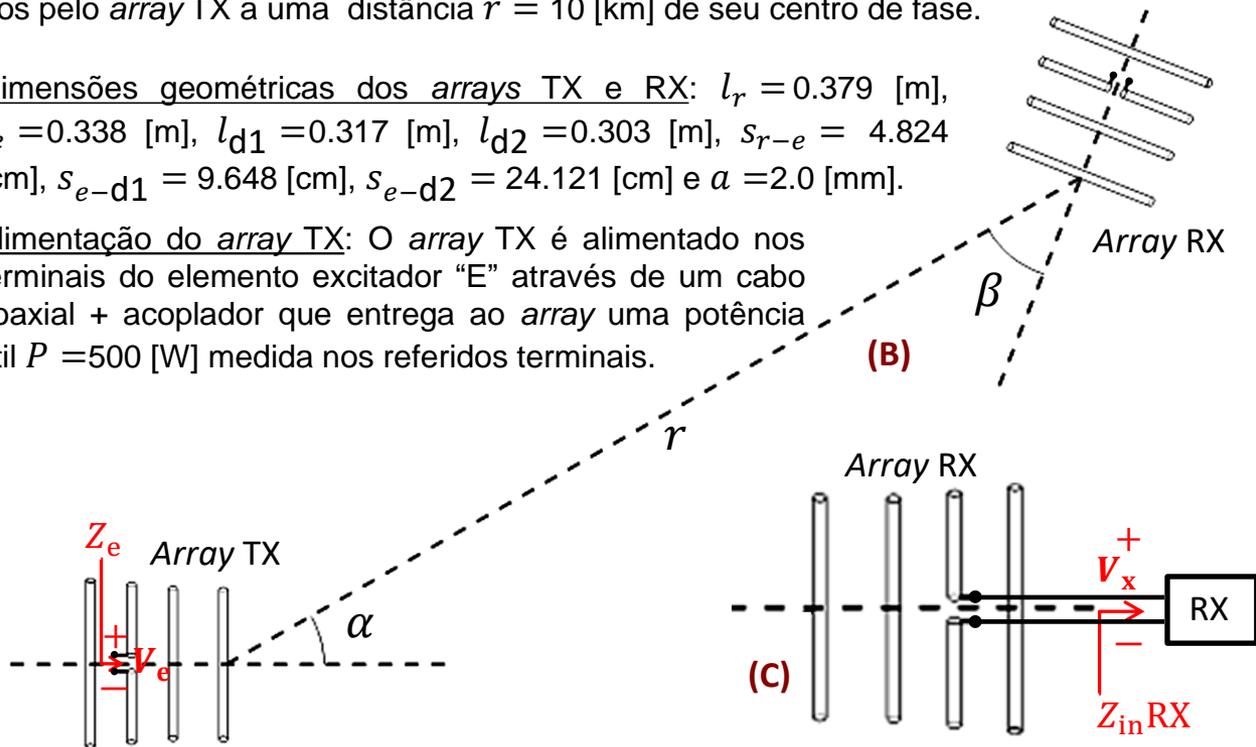
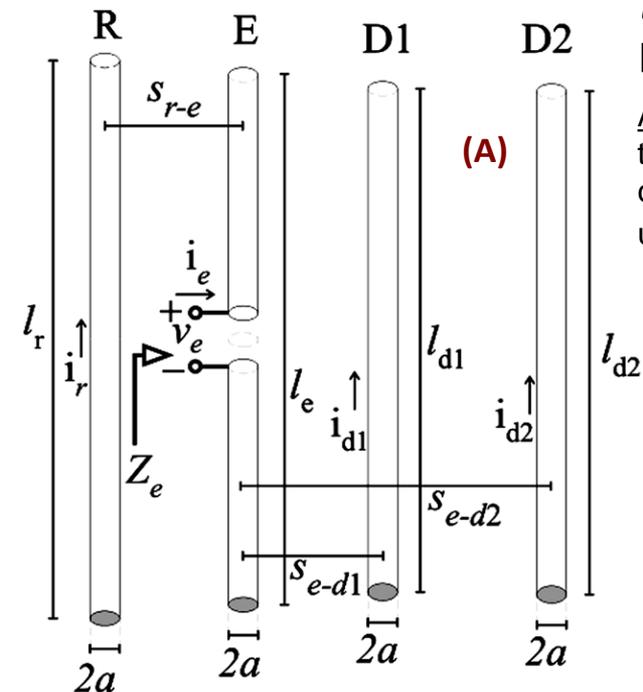


Homework 20

Um enlace operando em $f_0 = 435$ [MHz] é estabelecido entre dois *phased-arrays* idênticos, cada um deles formado por $K = 4$ dipolos conforme (B) abaixo, sendo um dipolo o elemento ativo excitador “E” e os demais são elementos passivos: refletor “R”, diretor 1 “D1” e diretor 2 “D2”, conforme mostrado em (A). *Phased-arrays* com elementos passivos (=elementos parasitas) são também conhecidos como antenas Yagi-Uda (ver https://en.wikipedia.org/wiki/Yagi%E2%80%93Uda_antenna). A distância entre o centro de fase dos *arrays* TX e RX é $r = 10$ [Km], tendo ambos orientação angular respectivamente dadas pelos ângulos $\alpha = 30^\circ$ e $\beta = 50^\circ$. Os dipolos dos *arrays* TX e RX são paralelos ao plano da página. As condições de propagação da onda EM se aproximam da propagação no espaço livre. A impedância de entrada do amplificador no *front-end* de RF do RX é $Z_{inRX} = 50 - j10$ [Ω], conforme mostrado em (C). **Pede-se:** (a) Determine a magnitude da componente E_θ do campo elétrico e o módulo S do vetor de Poynting gerados nas vizinhanças próximas do *array* RX pela onda EM irradiada pelo *array* TX. (b) Determine a área de recepção A_{RX} através da qual o *array* RX extrai potência das frentes de onda da onda EM que nele incide proveniente do *array* TX. (c) Determine a tensão de pico V_x nos terminais do *array* RX. (d) Plote em dois gráficos polares o contorno do campo E_θ respectivamente nos planos E e H gerados pelo *array* TX a uma distância $r = 10$ [km] de seu centro de fase.

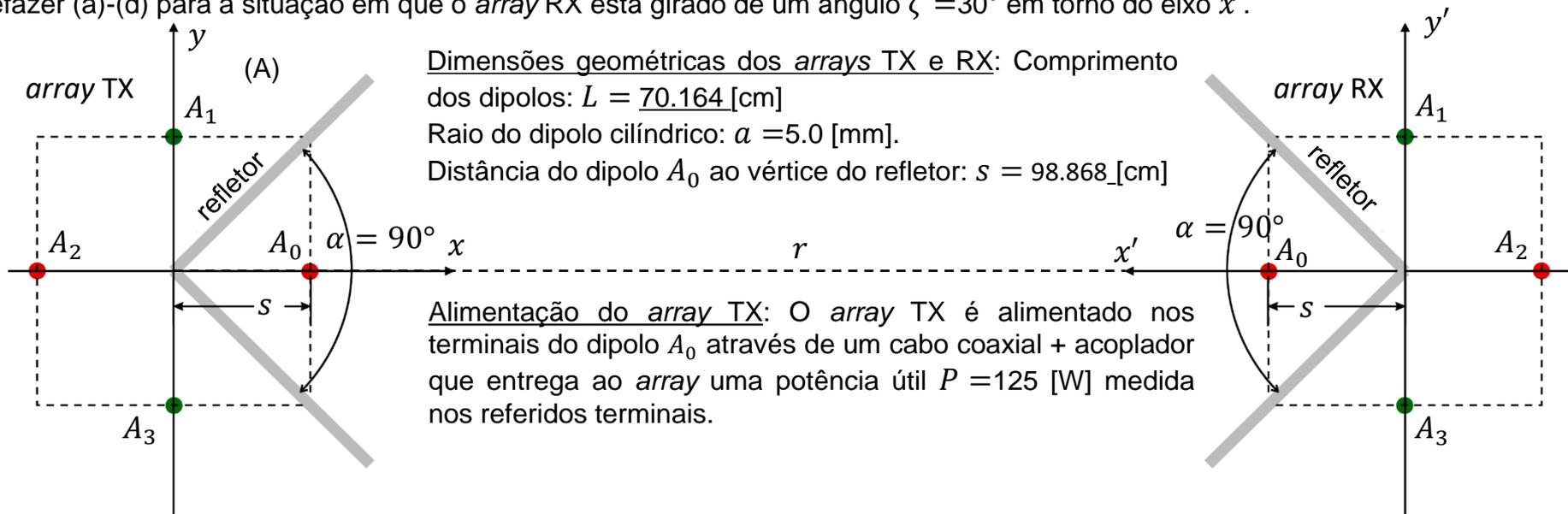
Dimensões geométricas dos *arrays* TX e RX: $l_r = 0.379$ [m], $l_e = 0.338$ [m], $l_{d1} = 0.317$ [m], $l_{d2} = 0.303$ [m], $s_{r-e} = 4.824$ [cm], $s_{e-d1} = 9.648$ [cm], $s_{e-d2} = 24.121$ [cm] e $a = 2.0$ [mm].

Alimentação do *array* TX: O *array* TX é alimentado nos terminais do elemento excitador “E” através de um cabo coaxial + acoplador que entrega ao *array* uma potência útil $P = 500$ [W] medida nos referidos terminais.



Homework 21

Um enlace operando em $f_0 = 470$ [MHz] é estabelecido entre dois refletores de canto idênticos com abertura $\alpha = 90^\circ$ distantes entre si de $r = 350$ [Km], conforme mostrado em (A) abaixo, sendo as condições de propagação da onda EM próximas da propagação no espaço livre. Um refletor de canto consiste de uma chapa condutora dobrada de um ângulo α (usualmente 90°) em que um dipolo A_0 de comprimento L é posicionado a uma distância s do vértice do refletor, sendo o dipolo perpendicular ao plano da página conforme mostrado em (A). A chapa dobrada é geralmente substituída por um conjunto de varetas metálicas próximas entre si ($\leq 0.1\lambda$) e paralelas ao dipolo A_0 para efeito de minimizar o arrasto aerodinâmico do vento. Ocorre que o campo elétrico tangencial E_t é nulo em qualquer superfície condutora (ver https://en.wikipedia.org/wiki/Method_of_images) de modo que o refletor em (A) pode ser equivalentemente substituído pelo *array* de dipolos A_0 , A_1 , A_2 e A_3 , onde os dipolos A_1 , A_2 e A_3 são imagens virtuais do dipolo A_0 . As imagens A_1 e A_3 são cada uma alimentadas por uma corrente de mesma magnitude mas defasada de 180° da corrente do dipolo A_0 e a imagem A_2 é alimentada em fase com mesma magnitude, resultando $E_t = 0$ em cada ponto do espaço \mathbb{R}^3 onde estava o refletor. Um amplificador de RF é conectado aos terminais do dipolo A_0 do *array* RX sendo $Z_{in\,RX} = 300 + j0$ [Ω] a impedância de entrada do amplificador. **Pede-se:** (a) Determine a magnitude da componente E_θ do campo elétrico e o módulo S do vetor de Poynting gerados nas vizinhanças próximas do *array* RX pela onda EM irradiada pelo *array* TX. (b) Determine a área de recepção A_{RX} através da qual o *array* RX extrai potência das frentes de onda da onda EM que nele incide proveniente do *array* TX. (c) Determine a tensão de pico V_x nos terminais do *array* RX. (d) Plote em dois gráficos polares o contorno do campo E_θ respectivamente nos planos E e H gerados pelo *array* TX a uma distância $r = 350$ [km] de seu centro de fase. (e) Refazer (a)-(d) para a situação em que o *array* RX está girado de um ângulo $\zeta = 30^\circ$ em torno do eixo x' .



Homework 21

Dica: Modelar o giro do array RX em torno do eixo x' como uma perda de polarização (ver <https://resources.system-analysis.cadence.com/blog/msa2021-the-polarization-loss-factor-in-antenna-communication>).

Respostas do item (e): (a) $|E_{\theta_{arrayTX}}| = 4.069 \cdot \frac{\text{mV}}{\text{m}}$ $S = 0.022 \cdot \frac{\mu\text{W}}{\text{m}^2}$ (b) $A_{rx} = 6.568 \cdot \text{m}^2$ (c) $|V_x| = 7.069 \cdot \text{mV (pk)}$

(d)

