



*Homeworks 23 e 24 referentes às aulas do Capítulo II de “Técnicas de Radar – ELC1149”, aulas disponibilizadas em <http://www.fccdecastro.com.br/download.html>.*

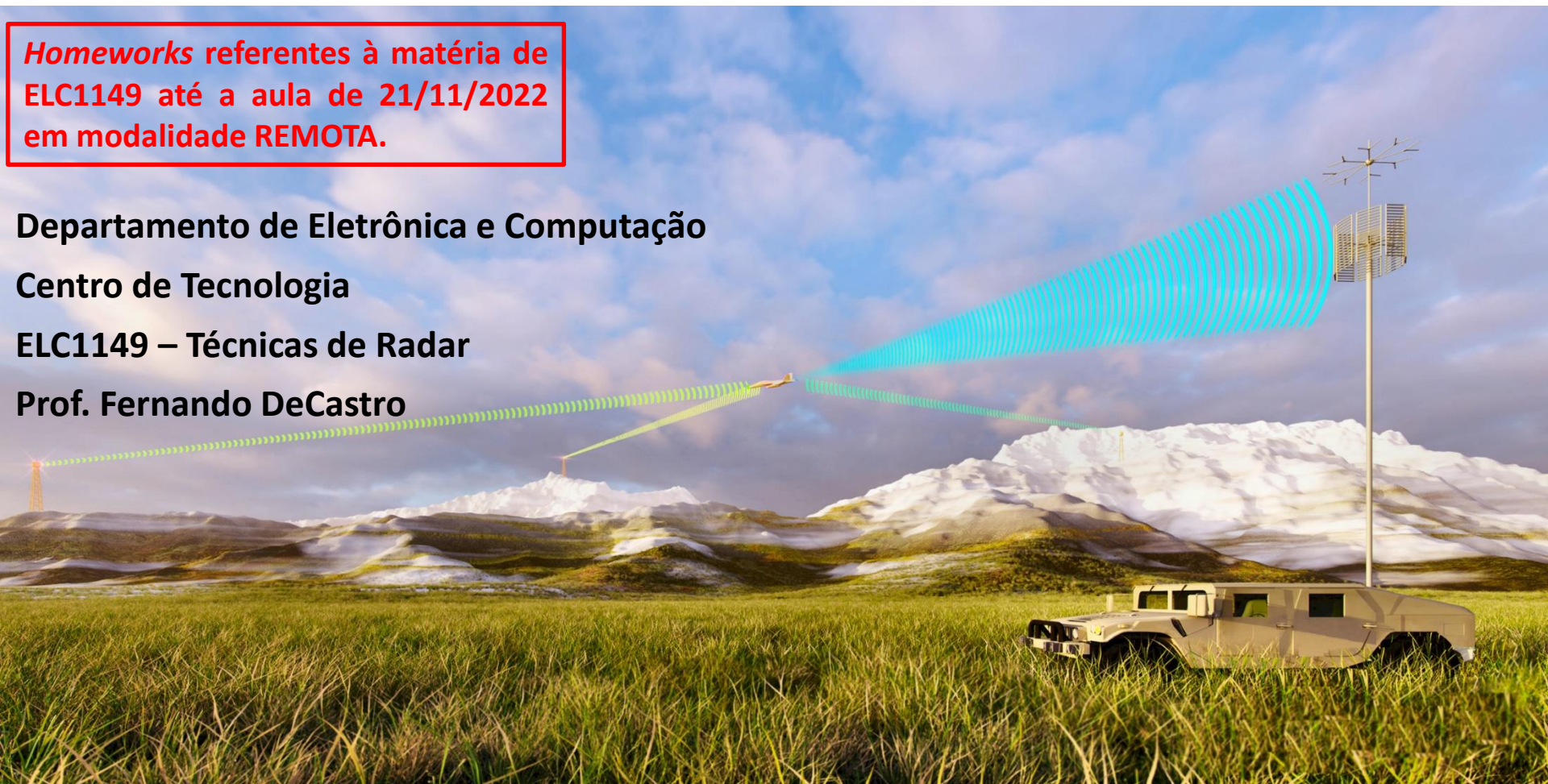
***Homeworks referentes à matéria de ELC1149 até a aula de 21/11/2022 em modalidade REMOTA.***

**Departamento de Eletrônica e Computação**

**Centro de Tecnologia**

**ELC1149 – Técnicas de Radar**

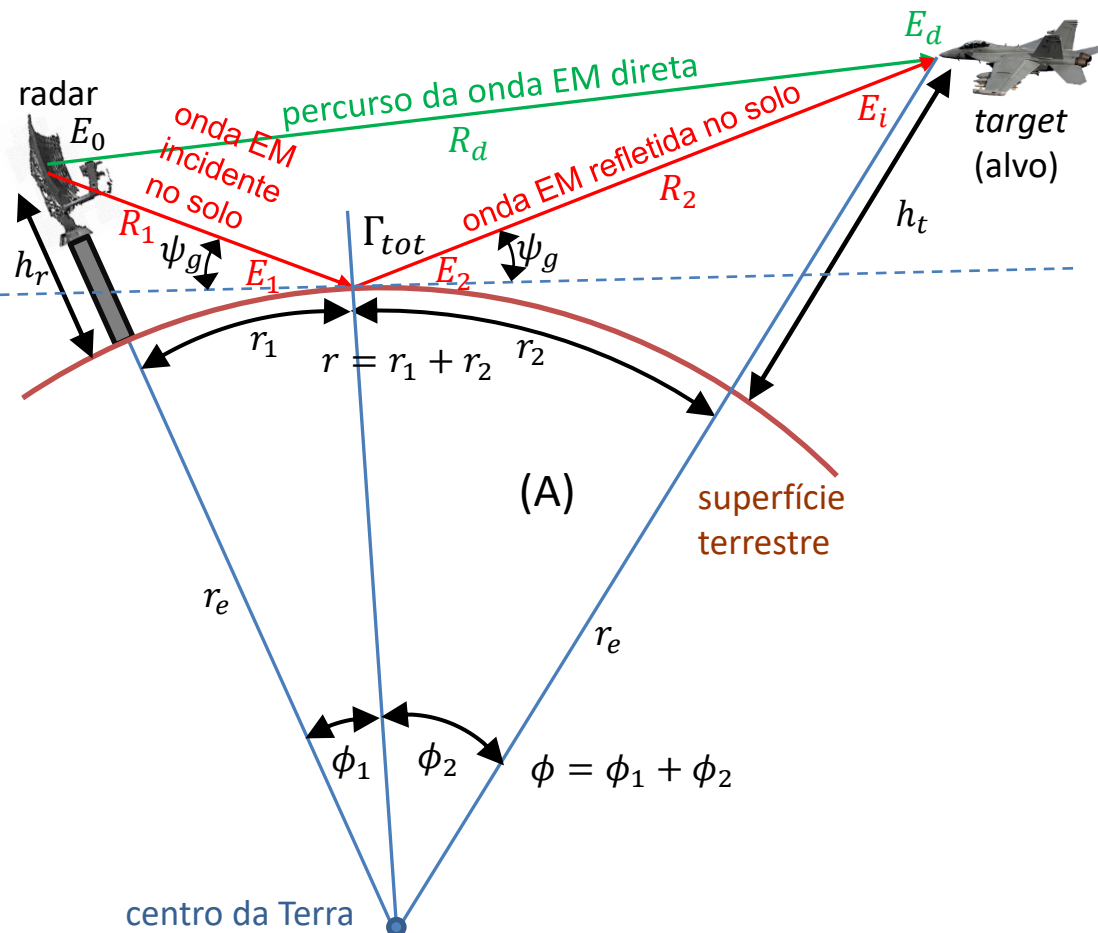
**Prof. Fernando DeCastro**



## Homework 23

Um radar *pulse-Doppler* opera na banda X na frequência  $f = 8$  [GHz] com largura de banda  $B = 100$  [MHz]. A onda EM irradiada pela antena do radar se propaga até o alvo através de um percurso direto e através de um percurso indireto gerado pela reflexão da onda EM na superfície terrestre, conforme mostrado em (A) abaixo. A potência de pico do TX do radar é  $P_{tx} = 50$  [KW] e sua antena de ganho  $G = 40$  [dBi] situa-se a uma altura  $h_r = 30$  [m]. O alvo, cujo *radar cross section* é  $RCS = 10$  [m<sup>2</sup>], situa-se a uma altitude  $h_t = 900$  [m] e a um range  $R_d = 29$  [Km]. A superfície terrestre apresenta uma condutividade  $\sigma = 13.66$  [S/m] e uma permissividade relativa  $\epsilon_r = 65$  no ponto de reflexão da onda EM de frequência  $f$ . O valor rms da altura das irregularidades da superfície terrestre em que a onda EM incide e se reflete é  $h_{rms} = \lambda$ , sendo  $\lambda$  o comprimento de onda na frequência  $f$  de operação do radar. O *noise figure* do *front-end* de RF analógico do RX do radar é  $NF = 1.4$  [dB].

**Pede-se:** (a) Verifique se a antena do radar tem linha de visada com o alvo. (b) Determine a diferença de tamanho  $\Delta R$  entre os percursos direto e indireto e o ângulo de incidência  $\psi_g$ . (c) Determine o fator de rugosidade  $S_r$  da superfície terrestre no ponto de reflexão da onda EM. (d) Determine o fator de divergência  $D$  da onda EM devido à curvatura da Terra. (e) Determine o coeficiente de reflexão  $\Gamma$  da onda EM em superfície sem rugosidade. (f) Determine o coeficiente total  $\Gamma_{tot}$  de reflexão no solo para polarização V e H. (g) Determine a diferença de fase  $\Delta\Phi$  entre as ondas EM direta e indireta nas vizinhanças do alvo. (h) Determine o fator de propagação  $F_p$  para polarização V e H. (i) Determine a SNR resultante na saída do *front-end* de RF do RX para polarização V e H



## Homework 24

Um radar *pulse-Doppler* opera na banda X na frequência  $f = 8$  [GHz] com largura de banda  $B = 50$  [MHz]. A onda EM irradiada pela antena do radar se propaga até o alvo através de um percurso direto e através de um percurso indireto gerado pela reflexão da onda EM na superfície terrestre, conforme mostrado em (A) abaixo. A potência de pico do TX do radar é  $P_{tx} = 75$  [KW] e sua antena de ganho  $G = 46$  [dBi] situa-se a uma altura  $h_r = 30$  [m]. O alvo, cujo *radar cross section* é  $RCS = 10$  [m<sup>2</sup>], situa-se a uma altitude  $h_t = 900$  [m] e a um range inicial  $R_d = 55$  [Km], navegando em uma trajetória retilínea de aproximação do radar com velocidade  $v$  [Km/h] e mantendo constante a altitude  $h_t$ . A superfície terrestre apresenta uma condutividade  $\sigma = 13.66$  [S/m] e uma permissividade relativa  $\epsilon_r = 65$  no ponto de reflexão da onda EM de frequência  $f$ . O valor rms da altura das irregularidades da superfície terrestre em que a onda EM incide e se reflete é  $h_{rms} = \lambda$ , sendo  $\lambda$  o comprimento de onda na frequência  $f$  de operação do radar. O *noise figure* do *front-end* de RF analógico do RX do radar é  $NF = 1.2$  [dB].

**Pede-se:** Para a trajetória retilínea definida por  $3$  [Km]  $< R_d < 55$  [Km] em que o alvo se aproxima do radar **(a)** Verifique se há linha de visada entre antena do radar e alvo. **(b)** Plote os gráficos  $\psi_g$  [°]  $\times R_d$  [Km] e  $\Delta R$  [m]  $\times R_d$  [Km]. **(c)** Plote o gráfico  $S_r \times R_d$  [Km]. **(d)** Plote o gráfico  $D \times R_d$  [Km]. **(e)** Plote os gráficos  $|\Gamma_v| \times R_d$  [Km] e  $|\Gamma_h| \times R_d$  [Km] **(f)** Plote os gráficos  $|\Gamma_{vTot}| \times R_d$  [Km] e  $|\Gamma_{hTot}| \times R_d$  [Km].

**(g)** Plote o gráfico  $\Delta\Phi$  [°]  $\times R_d$  [Km]. **(h)** Plote os gráficos  $F_{p-v} \times R_d$  [Km] e  $F_{p-h} \times R_d$  [Km]. **(i)** Plote os gráficos  $SNR_{o-v} \times R_d$  [Km] e  $SNR_{o-h} \times R_d$  [Km].

**(j)** Sabe-se que o demodulador digital do RX do radar exige uma  $SNR_o$  mínima  $SNR_{min} = 5$  [dB] na saída do *front end* de RF analógico do RX (ver slide 2 Cap I.1) p/ que não ocorra erros de demodulação e o alvo possa ser detectado com incerteza desprezível. Com base nos resultados p/ as polarizações V e H em (i), determine p/ ambas polarizações o *range* máximo que este radar é capaz de detectar sem incerteza o alvo ao longo da trajetória de aproximação. Analise o

