

1. a) Ganho: $G_A = 10 \log_{10} \left(\epsilon \frac{A_{ANT}}{A_{ISO}} \right) = 10 \log_{10} \left(0.4 \frac{\pi \left(\frac{1.4}{2} \right)^2}{\frac{\lambda^2}{4\pi}} \right) = \underline{48.9 \text{ dBi}}$

Largura de feixe: $\theta = 70^\circ \frac{\lambda}{D} = 70^\circ \frac{0.01}{1.4} = \underline{0.5^\circ}$

$r_T = 6370 \text{ km}$

$r_T^* = k r_T = 8493 \text{ km}$

elevação para $r_T^* = - \frac{\frac{60 \text{ km}}{2}}{r_T^*} \cdot \frac{180^\circ}{\pi} = \underline{-0.20^\circ}$

elevação para $r_T = - \frac{\frac{60 \text{ km}}{2}}{r_T} \cdot \frac{180^\circ}{\pi} = \underline{-0.27^\circ}$

$\Delta \text{elevação} = -0.20^\circ - (-0.27^\circ) = \underline{0.07^\circ}$

Perante uma largura de feixe de 0.5° (0.25° para cada lado da direção de maior ganho), baixar a elevação para -0.2° relativamente à horizontal é relevante. Se, em vez de considerar a refração da atmosfera, for considerado o raio real da Terra, a diferença de 0.07° não será, neste caso, relevante.

b) Sendo $T_{ant} = T_0 = 290 \text{ K}$, $T_s = f T_{ant}$, onde $f = 10^{NF/10}$

Figura de mérito: $G/T = G_A - 10 \log_{10}(T_s) =$
 $= G_A - (10 \log_{10}(T_0) + NF) = \underline{22.3 \text{ dB K}^{-1}}$

c) De acordo com a tabela "FEI - pg 21", para QPSK:

• $\frac{E_b}{N_0} = 10.6 \text{ dB}$ para $P_b = 10^{-6}$

• $p_{nom} = \frac{R_b}{B_{nom}} = 1$

Assim: $B_{nom} = R_b = \underline{30 \text{ MHz}}$

Potência mínima no recetor: $P_{R_{MIN}} = \frac{E_b}{N_0} + NF + 10 \log_{10}(k T_0 B)$
 $= 10.6 + 2 + 99.2 =$
 $= \underline{-86.6 \text{ dBm}}$

Densidade de potência mínimo:

$W_{MIN} = P_{R_{MIN}} + 10 \log_{10}(\epsilon A_{ANT}) = \underline{-84.5 \text{ dBm/m}^2}$
 $(= \underline{3.55 \text{ pW/m}^2})$

d) De acordo com "FEI - pg 36", a atenuação para 30 GHz (ar seco) é 0.11 dB/km, conduzindo a uma atenuação de 6.6 dB em 60 km ($L_A = -6.6$ dB).

$$P_T + G_A + FSL + L_A + \text{MARGEM} = W_{\text{MIN}}$$

onde FSL neste caso é relativo ao m²

$$FSL = -10 \log_{10}(4\pi d^2) = \text{---} -106.6 \text{ dB}$$

$$P_T = -48.9 + \text{---} + 6.6 + 40 - 84.5 = \text{---} 19.8 \text{ dBm}$$

(95.5 mW)

—h—

2. a) De acordo com "SAT - pg 27", a atenuação total da atmosfera seca no zênite e para 12 GHz é 0.06 dB. Para uma elevação de 40°: $A_g = \frac{0.06 \text{ dB}}{\sin(40^\circ)} = 0.09 \text{ dB}$. (= -L_a)

$$10^{-\frac{1}{10} 0.09} = 0.979$$

$$T_{\text{céu}} = 0.979 T_{\text{cosm}} + (1 - 0.979) T_m =$$

$$= 0.979 \times 3 \text{ K} + (1 - 0.979) 275 \text{ K} = \text{---} 8.7 \text{ K}$$

—h—

b) $T_{\text{ant}} = \eta_a \eta_{\Omega} T_{\text{céu}} + (1 - \eta_a \eta_{\Omega}) T_0 =$

$$= 0.6 \times 8.7 \text{ K} + (1 - 0.6) 290 \text{ K} = \text{---} 121 \text{ K}$$

—h—

e) $T_{\text{LNB}} = \left(\frac{f}{f_{\text{LNB}}} - 1\right) T_0 = (10^{0.6/10} - 1) T_0 = 43 \text{ K}$

$$T_{\text{REC}} = (f_{\text{REC}} - 1) T_0 = (10^{12/10} - 1) T_0 = 4306 \text{ K}$$

$$T_S = T_{\text{ant}} + T_{\text{LNB}} + \frac{T_{\text{REC}}}{G_{\text{LNB}}} = 121 \text{ K} + 43 \text{ K} + \frac{4306 \text{ K}}{10^5} = 164 \text{ K}$$

$$\text{EIRP} + FSL + L_a + G_A - 10 \log_{10}(K T_S B_w) = 12 \text{ dB} + 6.8 \text{ dB}$$

$$G_A = -50 \text{ dBW} + 205.6 + 0.1 - \text{---} 131.3 \text{ dBW} + 12 + 6.8 = 43.2 \text{ dB}$$

$$G_A = 10 \log_{10} \left(\eta_a \eta_{\Omega} \frac{A_e}{\frac{\lambda^2}{4\pi}} \right) = 43.2 \text{ dB}$$

$$A_e = \pi \left(\frac{D}{2} \right)^2 = \frac{\lambda^2}{4\pi} \cdot \frac{1}{\eta_a \eta_{\Omega}} \cdot 10^{43.2/10}$$

$$D = 1.48 \text{ m} \approx \text{---} 1.5 \text{ m}$$

d) Perante chuva que introduz uma atenuação adicional de 6 dB, verifica-se que $L_c = -0.6 \text{ dB} \Rightarrow g_c = 10^{-0.6} = 0.251$

$$T'_{\text{céu}} = 0.251 \cdot T_{\text{céu}} + (1 - 0.251) T_m = \\ = 0.251 \cdot 8.7 \text{ K} + (1 - 0.251) 275 = 208 \text{ K}$$

$$T'_{\text{ant}} = 0.6 \times 208 + (1 - 0.6) 290 = 241 \text{ K}$$

$$T'_s = T'_{\text{ant}} + T_{\text{LNB}} + \frac{T_{\text{rec}}}{g_{\text{LNB}}} = 284 \text{ K}$$

O aumento da temperatura do sistema de 164 K para 284 K significa um aumento do ruído de $10 \log_{10} \left(\frac{284}{164} \right) = 2.4 \text{ dB}$, que acresce à perda direta de margem por atenuação:

$$\text{Perda de margem} = 6 \text{ dB} + 2.4 \text{ dB} = \underline{\underline{8.4 \text{ dB}}}$$

3. a) $\gamma = \arccos(\cos(\text{lat}) \cdot \cos(\Delta \text{lon})) = 65.4^\circ$ $\left\{ \begin{array}{l} r_s = 42164 \text{ km} \\ r_T = 6378 \text{ km} \end{array} \right.$

$$\text{elev} = \alpha = \arctg\left(\frac{\cos(\gamma) - \frac{r_T}{r_s}}{\sin(\gamma)}\right) = \underline{\underline{16.3^\circ}}$$

$$\text{azim} = \beta = -\arccos(-\text{tg}(\text{lat})/\text{tg}(\gamma)) = -113.6^\circ \Leftrightarrow \underline{\underline{246.4^\circ}}$$

$$\text{dist} = r_s \sqrt{1 + \left(\frac{r_T}{r_s}\right)^2 - 2\left(\frac{r_T}{r_s}\right)\cos(\gamma)} = \underline{\underline{39915 \text{ km}}}$$

b) Passar da banda X para a banda C traduz-se num aumento do comprimento de onda. As perdas no espaço livre diminuem relativamente a uma antena isotrópica, mas também diminui o ganho da antena, mantendo o balanço de potência inalterado por este ponto de vista. Existe, contudo, uma ligeira vantagem na banda C; a atenuação da atmosfera é ligeiramente menor.

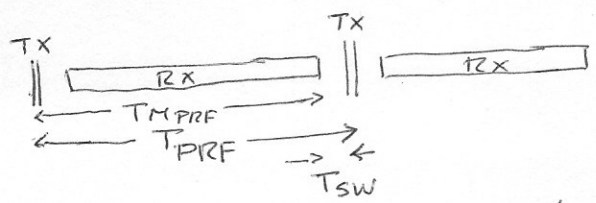
4. a) $B_w = \frac{1}{T_{\text{pulso}}} = \underline{\underline{100 \text{ MHz}}}$

b) $P_{r_{\text{MIN}}} = 10 \log_{10}(K T_o B_w) + \text{NF} + 10 \text{ dB} = -109.0 \text{ dBW}$

$$P_{R_{\text{MIN}}} = P_{E_{\text{MIN}}} + 2 G_A + 10 \log_{10} \frac{\lambda^2 \sigma}{(4\pi)^3 r^4} = P_{E_{\text{MIN}}} + 60 \text{ dB} - 208.2 \text{ dB}$$

$$P_{E_{\text{MIN}}} = -109.0 - 60.0 + 208.2 = \underline{\underline{39.2 \text{ dBW}}} \Leftrightarrow \underline{\underline{8.3 \text{ kW}}}$$

c)



Sendo um radar de impulsos, o tempo de transmissão é desprezável.

$$T_{PRF} = \frac{1}{PRF} = 166,7 \mu\text{seg}$$

$$T_{MPRF} = T_{PRF} - T_{SW} = 165,7 \mu\text{seg}$$

$$d_{MPRF} = \frac{c}{2} T_{MPRF} = 150 \times 165,7 = \underline{24,85 \text{ Km}}$$

$$P_{MED} = \frac{1}{E} P_{EIN} \times \frac{T_{TX}}{T_{PRF}} = \frac{1}{0,5} \cdot 8300 \times \frac{10 \text{ nseg}}{166,7 \mu\text{seg}} = \underline{1,0 \text{ W}}$$

d) Largura de feixe da antena: $\theta = \frac{\lambda}{L} \times \frac{180^\circ}{\pi} = 1,0^\circ$

Taxa de revolução: $\omega = 360^\circ/\text{seg}$

$$t_\theta = \frac{\theta}{\omega} = \frac{1}{360} \text{ seg} \Rightarrow \# \text{ Pulsos} = \lfloor PRF \times t_\theta \rfloor = \lfloor \frac{6000}{360} \rfloor = 16$$

A combinação de 16 pulsos melhora a relação sinal/ruído 16 vezes, o que permite aumentar a distância por $\sqrt[4]{16} = \underline{4 \text{ vezes}}$ (de 5 Km para 20 Km).

5. a) A resolução azimutal para um alvo à distância R é dada por $res_{AZ} = \frac{\lambda}{L} R$. Sendo $L_{spot} = \alpha L_{strip}$,

com $\alpha > 1$, então $res_{AZ_{SPOT}} = \frac{1}{\alpha} res_{AZ_{STRIP}}$, ou seja, a resolução azimutal é mais fina no modo spotlight por um fator $\frac{1}{\alpha}$.

b) O ganho de processamento corresponde ao número de pulsos processados em sede de compressão azimutal. Assim, o ganho de processamento em modo spotlight é α vezes superior ao do modo stripmap. De notar que, permitindo uma resolução $\frac{1}{\alpha}$ vezes mais fina, a área efetiva de eco diminui na mesma proporção, compensando o balanço de potência. O modo spotlight permite obter melhor resolução para o mesmo balanço de potência.