

1. A figura abaixo representa o perfil de altitude entre dois locais no cimo dos castelos de Figueira de Castelo Rodrigo e de Almeida, distantes 17.5 km entre si, respetivamente com 812 e com 760 metros de altitude acima do nível médio das águas do mar. A 11.6 km e a 14.7 km de Figueira de Castelo Rodrigo (5.9 km e 2.8 km de Almeida) existem obstáculos naturais, com altitudes de 717 e 734 metros acima do nível médio das águas do mar, respetivamente.



Deseja-se estabelecer uma ligação através de um feixe de ondas hertzianas entre os dois castelos, usando equipamento rádio a operar a 1.2 GHz, com potência de emissão de 100 mW, modulação 64-QAM e taxa de dados  $R_b = 56$  Mbps, figura de ruído equivalente da totalidade do equipamento recetor de 2 dB, antenas com um ganho de 12 dBi e cabos de baixada com 1 dB de atenuação.

- a) [1.5 pts] Determine se, para antenas situadas em mastros de altura irrelevante, o primeiro elipsoide de Fresnel está desimpedido para ambos os dois obstáculos indicados. Para efeitos de cálculo do impacto da curvatura da Terra, assuma o caso considerado extremo do gradiente do índice de refração ser nulo ( $k = 1$ ,  $r_T^* = k r_T$ ,  $r_T = 6370$  km). Indique ainda qual dos obstáculos é dominante.
- b) [1 pt] Determine a largura de banda nominal para a modulação e taxa de dados indicadas.
- c) [1.5 pts] Determine, em dBm, a potência de sinal à entrada do recetor.
- d) [1.5 pts] Determine a relação  $E_b/N_0$  e verifique se a ligação garante uma probabilidade de bit errado inferior a  $10^{-5}$ . Se não conseguiu resolver a alínea anterior, utilize, indicando-o, o valor de -75 dBm.
2. Este problema endereça analisar a viabilidade de se deslocar a estação de receção de dados de satélites geoestacionários do DEEC, situada em 41.17828°N, 8.59497°W, apontada para receber sinais de satélites geoestacionários situados em 30°W, para a ilha da Madeira, num local de coordenadas 32.742204°N, 16.683439°W, para receber

Exame com consulta. Duração: 1h30m.

---

o mesmo satélite e a mesma transmissão (frequência 11.221 GHz). Nessas coordenadas, a informação fornecida pelo operador de satélite indica um EIRP de 52 dBW (contra 54 dBW no Porto).

- a) [1.5 pts] Determine os valores de elevação, azimute e distância ao satélite para a estação situada na nova localização.
  - b) [1.5 pts] Verifique se alteração do nível de ruído entre os dois locais, tendo em conta os efeitos atmosféricos (desconsidere chuva) associados à alteração do ângulo de elevação, podem ser desprezados. Considere para este efeito que a eficiência da antena é 50% e que a temperatura de ruído do sistema de receção (sem contar com a antena) é 35 K. Se não conseguiu resolver a alínea anterior, considere, indicando-o, que a elevação aumenta de 40° para 50°.
  - c) [1.5 pts] Determine, em dB, quanto variam (e se aumentam ou diminuem) as perdas no espaço livre por conta da variação da distância ao satélite. Se não conseguiu resolver a primeira alínea, considere, indicando-o, que a distância diminui 2 %.
  - d) [1 pt] Estime, face a cálculos ou por comparação numérica com dados obtidos durante a realização do primeiro trabalho laboratorial, se a antena de 1.8 metros usada consegue receber o mesmo sinal na nova localização, sabendo que para a transmissão indicada o valor mínimo de  $E_b/N_0$  é 5.5 dB e que a taxa de dados  $R_b$  é 27.5 Mbps.
3. Considere um sistema de radar a operar a 9.6 GHz, que transmite sinais complexos de 100 W de potência e 10 microssegundos de duração, com uma largura de banda de 200 MHz. Este radar recorre a uma antena parabólica circular móvel com dois graus de liberdade e com 5 metros de diâmetro e 50 % de eficiência. A cadeia de receção apresenta uma figura de ruído total de 2 dB e assume-se que a temperatura da antena  $T_{ant} = T_0 = 290$  K.
- a) [1.5 pts] Determine a resolução em distância e em posição (horizontal/vertical) obtida para alvos situados a 50 km de distância.
  - b) [1 pt] Determine, em dBW, qual a potência de ruído equivalente a que o recetor está sujeito.

Exame com consulta. Duração: 1h30m.

---

- c) **[2 pts]** Determine, em metros quadrados, qual a área efetiva de eco (*radar cross section*) que é detetável a 50 km de distância e com uma potência de sinal 10 dB acima do nível de ruído. Caso não tenha resolvido a alínea anterior, considere, indicando-o, que a potência de ruído é  $-120$  dBW. Considere nos cálculos o impacto do ganho de processamento associado à compressão em distância dos sinais transmitidos.
4. Seja um radar de abertura sintética com a frequência central de 9.6 GHz (banda X), baseado numa antena cuja abertura real é 20 centímetros, a operar em modo *stripmap* numa aeronave cuja velocidade relativamente ao solo é de 50 metros por segundo. O radar transmite sinais complexos a uma PRF de 5 kHz.
- a) **[1.5 pts]** Explique sucintamente a necessidade de efetuar a operação de *range migration* antes ou no âmbito da operação de compressão azimutal.
- b) **[1.5 pts]** Calcule a largura de feixe da antena e verifique se existe *aliasing* espacial.
- c) **[1.5 pts]** Assumindo a simplificação de considerar o padrão de radiação uniforme dentro da largura de feixe da antena, calcule o máximo ganho de processamento, em dB, associado à compressão azimutal para um alvo situado a 3 km de distância do instrumento.

FIM