

**Leia as Instruções:**

- As simulações computacionais devem ser desenvolvidas preferencialmente nas linguagens Matlab, Octave ou Python;
- As simulações devem ser implementadas de acordo com o conteúdo apresentado em sala de aula, seguindo os passos descritos nos slides;
- Os pontos apresentados a seguir devem ser avaliados com base nas simulações desenvolvidas;
- Não serão aceitos códigos aplicando geradores de variáveis aleatórias nativos da correspondente linguagem utilizada;
- O aluno deve preparar um relatório técnico, descrevendo as simulações e explicando em detalhes os resultados obtidos;
- O aluno deve fornecer, por algum meio, o código das simulações. O professor não se responsabilizará por eventuais erros no código;
- Recomenda-se que o aluno disponibilize o código em um repositório no GitHub;
- O trabalho será avaliado com base no código, no relatório e na apresentação em sala de aula;
- Os produtos deste projeto devem ser entregues, impreterivelmente, até 24 de outubro, sem possibilidade de prorrogação do prazo.

1. (a) **Simulação da probabilidade de interrupção com envoltória Rayleigh**

O objetivo é apresentar curvas de simulação da probabilidade de interrupção do sistema sob o efeito da envoltória Rayleigh, em função do limiar de SNR  $\gamma_{\text{th}}$ . Os resultados devem ser sobrepostos e comparados com a expressão analítica, descrita por

$$P_{\text{out}}(\gamma_{\text{th}}) = 1 - e^{-\frac{\gamma_{\text{th}}}{\bar{\gamma}_s}}, \quad (1)$$

em que  $\bar{\gamma}_s$  representa a SNR média por símbolo do sistema. O limiar de SNR  $\gamma_{\text{th}}$  deve ser variado no intervalo de -30 dB a 30 dB. Além disso, devem ser considerados três casos particulares de SNR média:  $\bar{\gamma}_s \in \{-20 \text{ dB}, 0 \text{ dB}, 20 \text{ dB}\}$ .

(b) **Simulação da probabilidade de interrupção com envoltória Rice**

O objetivo é apresentar curvas de simulação da probabilidade de interrupção do sistema sob o efeito da envoltória Rice, em função do limiar de SNR  $\gamma_{\text{th}}$ . Os resultados devem ser sobrepostos e comparados com a expressão analítica,

descrita por

$$P_{\text{out}}(\gamma_{\text{th}}) = 1 - Q_1 \left( \sqrt{2K_R}, \sqrt{2 \frac{(K_R + 1)}{\bar{\gamma}_s} \gamma_{\text{th}}} \right), \quad (2)$$

em que  $Q_1(\cdot, \cdot)$  é a função Marcum Q,  $\bar{\gamma}_s$  representa a SNR média por símbolo do sistema, e  $K_R$  é o fator de Rice. O limiar de SNR  $\gamma_{\text{th}}$  deve ser variado no intervalo de -30 dB a 30 dB. Além disso, devem ser considerados três casos particulares de SNR média:  $\bar{\gamma}_s \in \{-20 \text{ dB}, 0 \text{ dB}, 20 \text{ dB}\}$ . Neste caso de simulação, devem ser geradas três figuras, correspondentes a diferentes valores do fator de Rice:  $K_R \in \{0, 1, 10\}$ .

## 2. (a) Simulação da probabilidade de erro de símbolo sob efeito do desvanecimento Rayleigh

O objetivo é apresentar curvas de simulação da probabilidade de erro de símbolo sob o efeito do desvanecimento Rayleigh, considerando a constelação  $M$ -QAM. A SNR média do sistema deve ser variada no intervalo de -30 dB a -10 dB. Devem ser apresentadas três curvas, correspondentes a diferentes ordens de modulação, com  $M \in \{4, 16, 64\}$ . Os pontos de simulação devem sobrepor as curvas teóricas da probabilidade de erro de símbolo, genericamente descritas por

$$\begin{aligned} \bar{P}_{\text{e}} = & 2 \left( \frac{\sqrt{M} - 1}{\sqrt{M}} \right) [1 - C_M(\bar{\gamma}_s)] \\ & - \left( \frac{\sqrt{M} - 1}{\sqrt{M}} \right)^2 \left[ 1 - \frac{4}{\pi} C_M(\bar{\gamma}_s) \arctan \left( \frac{1}{C_M(\bar{\gamma}_s)} \right) \right], \end{aligned} \quad (3)$$

em que

$$C_M(\bar{\gamma}_s) = \sqrt{\frac{1.5 \bar{\gamma}_s}{M - 1 + 1.5 \bar{\gamma}_s}}. \quad (4)$$

Além disso, as curvas da probabilidade de erro de símbolo para o canal AWGN devem ser incluídas para efeito de comparação.