

## Contents

---

- [Questão 1](#)
- [Questão 2](#)
- [Questão 3](#)
- [Questão 4](#)

## Questão 1

---

```
%{
Seja  $P_r(d_0)=1$  mW para  $d_0=1$  m, trace a probabilidade de outage em função da
distância, para distâncias variando de 1 a 100 metros, supondo modelo
log-distância com expoente 4,  $B=10$  MHz,  $R_b=10$  Mbps,  $N_0=-204$  dB/Hz,
 $f_c=3$  GHz, Rayleigh e Nakagami-m com  $m=2$ .
%}

%Tendo a potencia recebida, calcula SNR e depois calcula Probabilidade de outage.
% Definições e Parâmetros
clc;
close all;
clear;
Pr_d0 = 1e-3; % Potência recebida a d0 (1 mW = 1e-3 W)
d0 = 1; % Distância de referência (1 m)
B = 10e6; % Largura de banda (10 MHz)
Rb = 10e6; % Taxa de bits (10 Mbps)
N0_dB = -204; % Densidade espectral de ruído em dB/Hz
fc = 3e9; % Frequência de portadora (3 GHz)
m = 2; % Parâmetro Nakagami-m

% Conversões e cálculos iniciais
N0 = 10^(N0_dB / 10); % Conversão de dB/Hz para linear
N = N0 * B; % Potência de ruído total
distances = 1:100; % Distâncias variando de 1 a 100 metros

% Potência recebida (modelo de log-distância com expoente 4)
Pr = Pr_d0 * ((d0 ./ distances).^4);

% SNR em cada distância
SNR = Pr / N;

% Limiar de SNR para a taxa de bits desejada (considerando Shannon)
SNR_threshold = (2^(Rb / B) - 1);

% Probabilidade de outage para Rayleigh
P_out_Rayleigh = 1 - exp(-SNR_threshold ./ SNR);

% Probabilidade de outage para Nakagami-m usando a função gama incompleta
arg = m * SNR_threshold ./ SNR;
P_out_Nakagami = gammainc(arg, m, 'lower') / gamma(m);

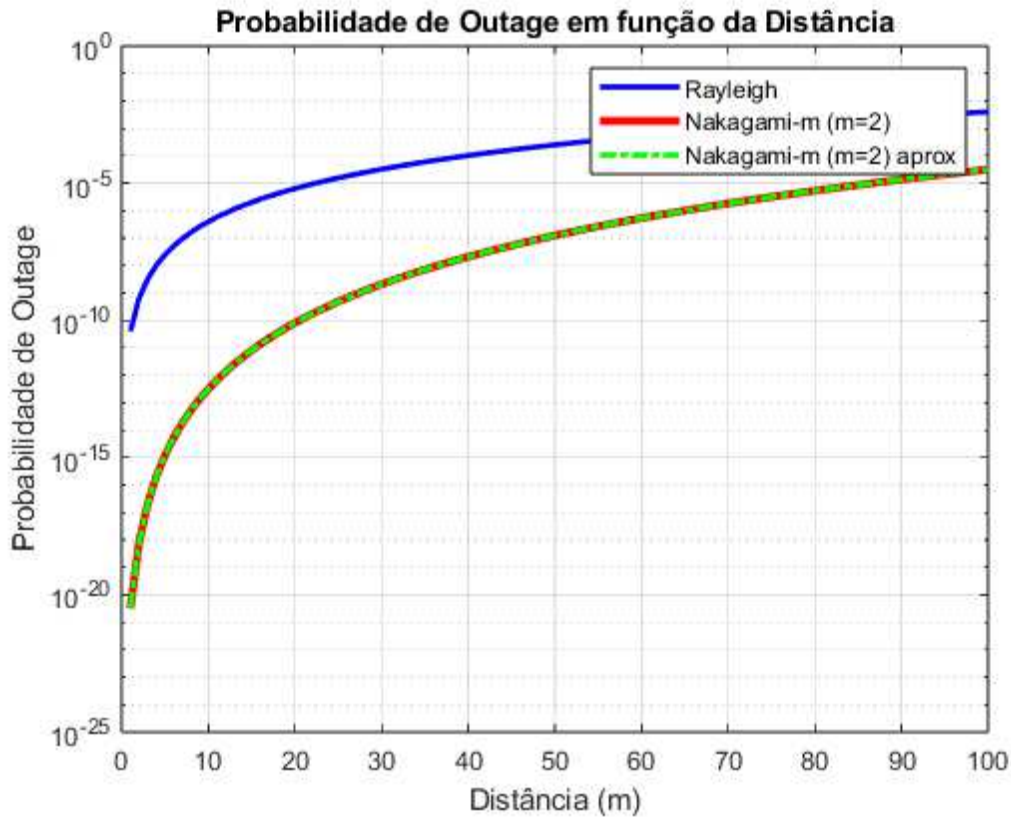
% Aproximação da probabilidade de outage para Nakagami-m
P_out_Nakagami_approx = (arg.^m) / gamma(m + 1);

% Plotando os resultados
figure;
semilogy(distances, P_out_Rayleigh, 'b-', 'LineWidth', 2);
hold on;
semilogy(distances, P_out_Nakagami, 'r-', 'LineWidth', 3);
semilogy(distances, P_out_Nakagami_approx, 'g-.', 'LineWidth', 2);
hold off;
```

```

grid on;
xlabel('Distância (m)');
ylabel('Probabilidade de Outage');
legend('Rayleigh', 'Nakagami-m (m=2)', 'Nakagami-m (m=2) aprox');
title('Probabilidade de Outage em função da Distância');

```



## Questão 2

```

%{
A probabilidade de outage varia muito com a parcela de linha de visada
(aumento de m). Como seria a outage para o caso do canal AWGN? O canal
sem fio em NLOS fica muito distante deste desempenho. Como melhorar o
desempenho do canal sem fio neste cenário de canal lento (outage)?
%}
%Questão 2 - AWGN é Poutage 0, para melhoar ler no livro.
clear;
disp('A probabilidade de outage no canal AWGN é 0. Em um canal sem ')
disp('fio em NLOS é possível melhorar o desempenho, em relação ao ')
disp('outage utilizando técnicas de diversidade do canal (MIMO e OFDM).')

```

A probabilidade de outage no canal AWGN é 0. Em um canal sem fio em NLOS é possível melhorar o desempenho, em relação ao outage utilizando técnicas de diversidade do canal (MIMO e OFDM).

## Questão 3

```

%{
Reproduza a Figura 4.2: Normalized Capacity (C/B) versus Outage
Probability, do livro da Goldsmith. Trace também a capacidade com
outage normalizada Co/B, em função da probabilidade de outage.

Obs.: Ao plotar Co/B, limite o eixo x (probabilidade de outage)

```

```

de 10^-4 até 100.
%}
clear;
% Definir o SNR médio em escala linear (20 dB)
SNRMed_Db = 20;
SNRMed = 10^(SNRMed_Db / 10);

% Definir a faixa de probabilidade de outage
pout = logspace(-4, 0, 1000);

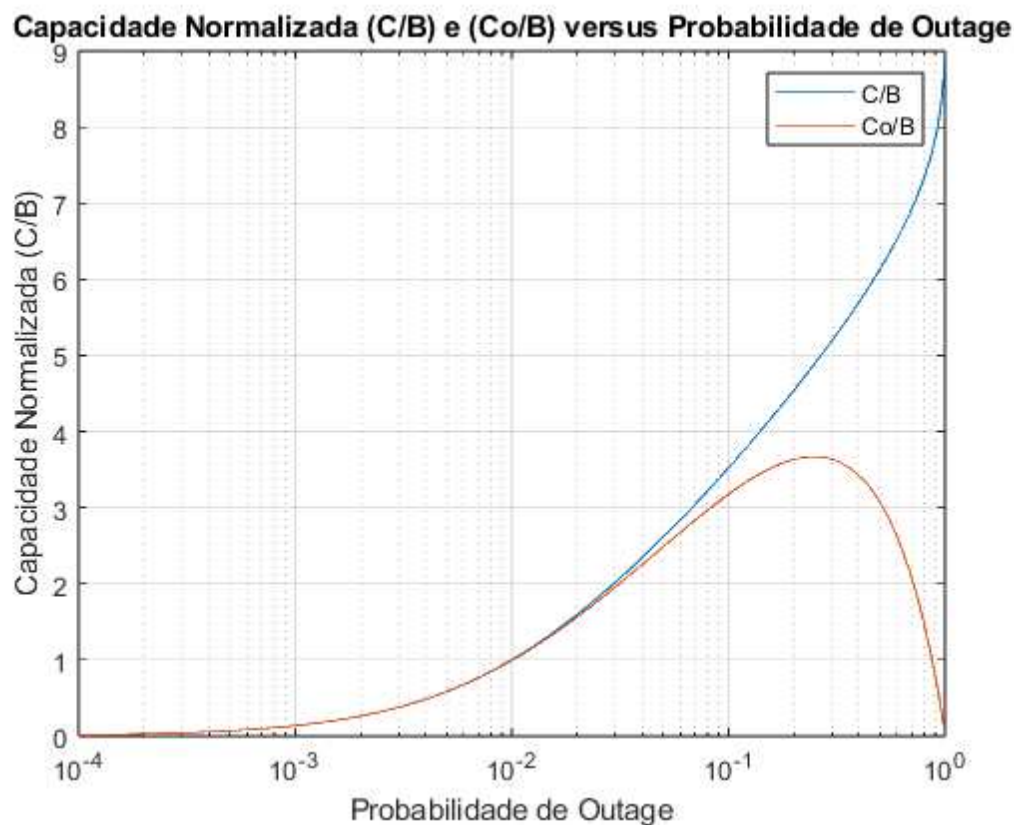
% Calcular gamma_min para cada probabilidade de outage
SNRMin = -SNRMed * log(1 - pout);

% Calcular capacidade normalizada C/B
C_B = log2(1 + SNRMin);

% Calcular capacidade normalizada com outage Co/B
Co_B = (1 - pout) .* C_B;

% Plotar os resultados
figure;
xlim([1e-4 1]);
ylim([0 4]);
semilogx(pout, C_B, 'DisplayName', 'C/B');
hold on;
semilogx(pout, Co_B, 'DisplayName', 'Co/B');
xlabel('Probabilidade de Outage');
ylabel('Capacidade Normalizada (C/B)');
title('Capacidade Normalizada (C/B) e (Co/B) versus Probabilidade de Outage');
legend show;
grid on;

```



```

%{
Faça uma análise semelhante a da Figura 4.2, mas agora mostrando a
capacidade com outage normalizada ( $C_o/B$ ) versus  $\gamma^{-1}$  para algumas
probabilidades de outage.
%}
%C = (1-Pout)*B*log2(1+SNRMin)
%Pout depende de SNR, substitua dependendo do SNR instantaneo, defina um vetor de SNR e plote C.

clear;

% Definir a faixa de valores para o SNR instantâneo (em dB)
SNR_dB = linspace(0, 30, 1000);
SNR = 10.^(SNR_dB / 10);

% Definir algumas probabilidades de outage
pout_vals = [0.01 0.05 0.1 0.99];

% Preparar o plot
figure;
hold on;

% Calcular e plotar C/B para cada probabilidade de outage
for pout = pout_vals
    % Calcular gamma_min para a probabilidade de outage dada
    SNRMin = -SNR .* log(1 - pout);

    % Calcular capacidade normalizada C/B
    C_B = log2(1 + SNRMin);

    % Calcular capacidade normalizada com outage Co/B
    Co_B = (1 - pout) .* C_B;

    % Plotar capacidade normalizada com outage Co/B
    plot(SNR_dB, Co_B, 'DisplayName', ['p_{out} = ' num2str(pout)]);
end

% Configurar o gráfico
xlabel('SNR Instantâneo ( $\gamma$ ) [dB]');
ylabel('Capacidade Normalizada com Outage ( $C_o/B$ )');
title('Capacidade Normalizada com Outage ( $C_o/B$ ) versus SNR Instantâneo ( $\gamma$ )');
legend show;
grid on;
hold off;

```

Capacidade Normalizada com Outage ( $C_o/B$ ) versus SNR Instantâneo ( $\gamma$ )

