

INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA
Campus São José

PROVA 1
CSF

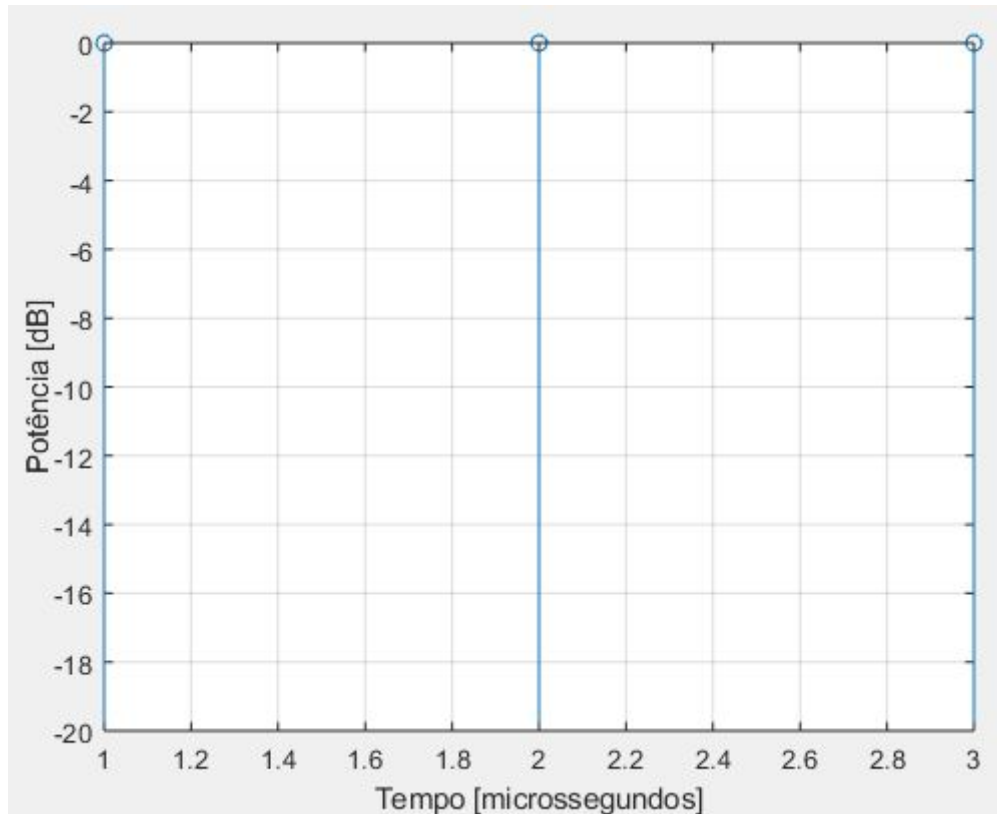
Professor: Mario de Noronha Neto
Disciplina: Comunicações Sem Fio
Aluno: Guilherme Medeiros

São José, 13 de Abril de 2020

Questão 1) Um dos canais recomendados pela ITU (International Telcommunication Union) utilizado para os testes de TV digital no Brasil foi o canal Brasil E. O perfil de potência deste canal é:

Name	Description	P1	P2	P3
Brasil E	Delay (μs)	1	2	3
	Atten. (dB)	0	0	0

É possível construir o seguinte gráfico para compreender melhor a situação do canal:



De acordo com este perfil, determine:

a) O espalhamento de atraso RMS

Sabendo que o espalhamento de atraso RMS σ é dado por:

$$\sigma = \sqrt{\tau^2 - (\tau)^2}$$

E que podemos definir τ como:

$$\tau = \frac{\sum_k P(\tau) \cdot \tau}{\sum_k P(\tau)}$$

E τ^2 como:

$$\tau^2 = \frac{\sum_k P(\tau) \cdot \tau^2}{\sum_k P(\tau)}$$

Assumindo que não há atenuação nos dados apresentados, a potência não depende de τ , permanece constante pode ser eliminada da equação. Sendo assim:

Calculando, temos o resultado:

$$\tau = \frac{1+2+3}{1+1+1} = 6/3 = 2;$$
$$\tau^2 = \frac{1^2+2^2+3^2}{3} = 14/3 = 4,66667;$$

Daqui, o cálculo do espalhamento RMS fica:

$$\sigma = \sqrt{4,6667 - 2^2}$$
$$\sigma = \sqrt{0,6667} = 0,8165\mu s$$

b) A banda de coerência (função de correlação de frequência acima de 0,5)

Sabendo que, para uma função de correlação de frequência acima de 0,5 temos que:

$$B_c = \frac{1}{5 \cdot \sigma}$$

Possuindo previamente o espalhamento RMS fica fácil descobrir o resultado:

$$B_c = \frac{1}{5 \cdot 0,816\mu s} = 245,1kHz$$

Questão 2) Considerando uma frequência Doppler máxima de 100Hz e um espalhamento de atraso RMS de 1 μ s, diga, para as três situações abaixo, por qual tipo de desvanecimento o sinal recebido é afetado (seletivo e lento, seletivo e rápido, não seletivo e lento e não seletivo e rápido). Mostre o raciocínio para se chegar ao resultado.

Considerando as seguintes características para o canal:

Plano:

$$B_s \lll B_c \text{ e } T_s \gg \sigma$$

Seletivo:

$$B_s > B_c \text{ e } T_s < \sigma$$

Lento:

$$B_s \gg B_c \text{ e } T_s \ll T_c$$

Rápido:

$$B_s < B_c \text{ e } T_s > T_c$$

a) Sistema com modulação binária, $R_b = 20 \text{ Mbps}$;

1. Verificando se é Plano ou Seletivo em frequência:

$$T_s = 1/R_s, R_s = R_b \text{ (modulação binária)}.$$

$$T_s = \frac{1}{R_s} = \frac{1}{20 \text{ Mbps}} = 50 \text{ ns}$$

Como T_s não é muito maior do que o espalhamento RMS, o canal é **seletivo**.

2. Verificando se o canal é lento ou rápido:

Como a transmissão é binária, pode-se dizer que $B_s = R_s = R_b = 20 \text{ MHz}$.

Como $B_s \gg B_c$, pode-se dizer que o canal é **lento**.

Este canal é, então, lento e seletivo.

b) Sistema com modulação binária, $R_b = 5 \text{ kbps}$;

1. Verificando se é Plano ou Seletivo em frequência:

$$T_s = 1/R_s, R_s = R_b \text{ (modulação binária)}.$$

$$T_s = \frac{1}{R_s} = \frac{1}{5 \text{ kbps}} = 200 \mu\text{s}$$

Como T_s é muito maior que RMS, o canal é **Plano**.

2. Verificando se o canal é lento ou rápido:

Como a transmissão é binária, pode-se dizer que $B_s = R_s = R_b = 5 \text{ KHz}$.

Como $B_s \gg B_c$, pode-se dizer que o canal é **lento**.

Este canal é, então, lento e seletivo.

c) Sistema com modulação binária, $R_b=10$ bps.

1. Verificando se é Plano ou Seletivo em frequência:

$T_s = 1/R_s$, $R_s = R_b$ (modulação binária).

$$T_s = \frac{1}{R_s} = \frac{1}{10\text{bps}} = 200\text{ms}$$

Como T_s é muito maior que RMS, o canal é **Plano**.

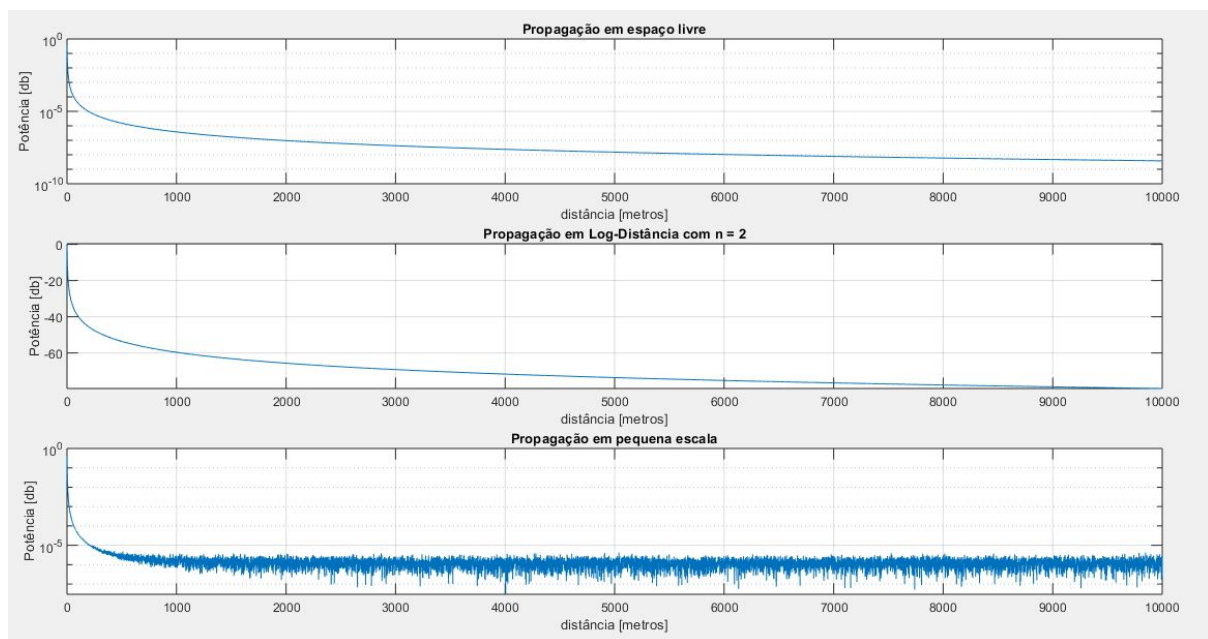
2. Verificando se o canal é lento ou rápido:

Como a transmissão é binária, pode-se dizer que $B_s = R_s = R_b = 10\text{Hz}$.

Como $B_s \gg B_d$, pode-se dizer que o canal é **Rápido**.

Este canal é, então, lento e seletivo.

Questão 3) – Esboce um gráfico da potência recebida (em dBm) em função da distância (em escala logarítmica) contendo: o modelo de propagação do espaço livre, o modelo de somreamento log-normal e o desvanecimento em pequena escala. Comente de forma clara cada um dos três comportamentos (espaço livre, log-normal e desvanecimento em pequena escala). Não há necessidade de ser preciso na elaboração do gráfico, mas esboce a figura de forma que facilite sua explicação.



A figura representa cada um dos três tipos de propagação. Ambas foram realizadas utilizando o matlab e o código pode ser visualizado nos anexos. Cada modelo representa realizações ou contextos diferentes de observação. A propagação em espaço livre é em larga escala e compreende a um sinal com linha de visada. Pode ser compreendido de maneira melhor observando a equação que o traduz:

$$P_r(d) = \frac{P_t \cdot G_t \cdot G_r \cdot \lambda^2}{(4\pi)^2 \cdot d^2 \cdot L} \quad (\text{propagação em larga escala})$$

Onde P_t é a potência transmitida, G_t e G_r são respectivamente os ganhos de transmissão e recepção, λ é o comprimento de onda, d é a distância (variada aqui) e L as perdas de transmissão. A equação é bastante clássica quanto à perda com a distância (decréscimo com o quadrado da distância é observado em interações de forças e campos, por exemplo) e representa uma simples maneira de observar o canal. É muito utilizado em sistemas de comunicação via satélite, onde muito provavelmente não há obstáculos entre transmissor e receptor.

O segundo gráfico compreende a propagação Log-Distância, um modelo experimental que pode ser melhor compreendido observando sua equação:

$$P(d) = P(d_0) + 10 \cdot n \cdot \log_{10}\left(\frac{d}{d_0}\right)$$

Onde d_0 é uma distância inicial onde há a medida de potência, essa última dada por $P(d_0)$. n é um fator arbitrário que depende do meio em que os testes são realizados. Neste caso, foi considerado o espaço livre, colocando o valor de n como dois.

Table 4.2 Path Loss Exponents for Different Environments

Environment	Path Loss Exponent, n
Free space	2
Urban area cellular radio	2.7 to 3.5
Shadowed urban cellular radio	3 to 5
In building line-of-sight	1.6 to 1.8
Obstructed in building	4 to 6
Obstructed in factories	2 to 3

(RAPAPORT, valores de n para diferentes situações)

Pode ser observado no gráfico a semelhança com o primeiro gráfico, devida as semelhanças de situação.

O terceiro gráfico representa a propagação em pequena escala, onde as medidas não são mais medidas por uma equação determinística, mas sim por uma distribuição aleatória de Rayleigh. No caso, foi somado valores aleatórios obedecendo a distribuição a uma

transmissão em larga escala em espaço livre. Pode ser observada aqui a semelhança com a primeira situação, entretanto há mudanças abruptas em $t+t_z$, onde t_z tende à zero.

Questão 4) – Explique com suas palavras os quatro tipos de desvanecimento em pequena escala estudados na disciplina de CSF (1 - não seletivo em frequência e lento; 2 - não seletivo em frequência e rápido; 3 - seletivo em frequência e lento; 4 - seletivo em frequência e rápido).

1. Desvanecimento não seletivo em frequência e lento:

O canal possibilita ganho constante em frequência, e garante a fase linear por toda a banda do espectro do sinal. É um canal plano em relação ao sinal transmitido. Além disso o canal é lento, permanecendo estático durante um ou mais períodos de um símbolo.

2. Desvanecimento não seletivo em frequência e rápido:

O canal não é seletivo em frequência, é plano em relação a um símbolo transmitido. Isso faz com que o canal preserve a fase linear por toda a banda do sinal e o mantenha com ganho constante. O canal é rápido, então ele não pode ser assumido estático durante os períodos de um símbolo, mantendo variações durante a duração de um único símbolo.

3. Desvanecimento seletivo em frequência e lento:

É um canal que não possui ganho constante nem fase linear por toda a banda do sinal devido ao espectro do sinal ter largura de banda maior do que o canal pode transmitir preservando as características em frequência. Pelo canal ser lento, ele não possui dispersões e a resposta ao impulso do canal é muito mais lenta do que a duração do símbolo. O canal pode ser assumido estático durante um ou até mais períodos de um símbolo.

4. Desvanecimento seletivo em frequência e rápido:

É o canal menos estável dos quatro estudados. Ele não garante fase linear nem ganho constante, além disso, não assume índices constantes para a duração de um único símbolo.

ANEXOS:

Códigos da questão 3:

```
clc
clear all
close all

Pt = 20;

d = 1:1:10000;
Gt = 1;
Gr = 1;
L = 1;
F = 100e6;
C = 3e8;
Lambda = C/F;

% Propagação em espaço livre
Pr1 = (Pt*Gt*Gr*Lambda)/(((4*pi)^2)*(d.^2).*L);

% Propagação em log-distância
p0 = Pr1(1);
d0 = d(1);
n = 2; %Considerando n = 2, para uma zona de espaço livre, arbitrariamente.
Pr2 = p0 + 10*n*log10(d0./d);

% Propagação em pequena escala
raylnoise = raylrnd(1,1,10000);
Pr3 = Pr1+raylnoise/1000000;

% Plotando:
figure(1);
subplot(3,1,1);
semilogy(d,Pr1);
xlabel('distância [metros]');
ylabel('Potência [db]');
grid on;
title('Propagação em espaço livre');

subplot(3,1,2);
plot(d,Pr2);
xlabel('distância [metros]');
ylabel('Potência [db]');
grid on;
title('Propagação em Log-Distância com n = 2');

subplot(3,1,3);
semilogy(d,Pr3);
xlabel('distância [metros]');
ylabel('Potência [db]');
grid on;
title('Propagação em pequena escala');
```