

INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA
Campus São José

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA
CURSO DE ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Aluno: Vinícius Souza
Matéria: CSF - 2019/2

Data: 03/12/2019

CSF - Relatório MIMO

Seção I - Introdução

Este relatório tem por objetivo testar e validar conceitos sobre o processo de transmissão de sinais utilizando a técnica MIMO (*Multiple-Input Multiple-Output*), que se baseia na ideia de utilizar múltiplas antenas na transmissão e recepção dos sinais com o intuito de melhorar o desempenho das comunicações.

Para o desenvolvimento das atividades foi utilizado o software MatLab, bem como algumas funções disponibilizadas em sua biblioteca.

Seção II - Embasamento Teórico

Alguns conceitos são importantes para a leitura e entendimento deste relatório, por conta disso, abordaremos esses conceitos nesta seção.

Efeito Doppler → fenômeno físico que gera variação da frequência de uma onda em relação a um determinado ponto (observador) à medida que a distância entre os dois pontos é variada. Está relacionada com a velocidade de deslocamento entre os pontos.

Canal → meio por onde o sinal informação irá se propagar. Em nosso caso, o canal será o ar.

Banda de coerência → medida relacionada a faixa de frequências em que o canal pode ser considerado plano, ou seja, com potência constante.

Tempo de coerência → medida relacionada a faixa de tempo em que o canal pode ser considerado plano, ou seja, com potência constante.

Desvanecimento → forma como o canal se comporta em relação a banda e tempo de coerência. Pode ser considerado como desvanecimento lento, rápido, plano ou seletivo em frequência.

Distribuições Rayleigh e Rice → distribuições que descrevem o canal com desvanecimento plano em função da variação temporal ou da amplitude das componentes de multipercursos individuais. Rayleigh é utilizada quando não há linha de visada entre o transmissor e o receptor. Rice é utilizada quando a componente dominante do sinal recebido é estacionária.

SISO (*Single-Input Single-Output*) → sistema com apenas uma antena transmissora e uma receptora.

SIMO (*Single-Input Multiple-Output*) → sistema com uma antena transmissora e múltiplas receptoras

MISO (*Multiple-Input Multiple-Output*) → sistema com múltiplas antenas transmissoras e uma receptora.

MIMO (*Multiple-Input Multiple-Output*) → sistema com múltiplas antenas transmissoras e receptoras.

Seção III - Desenvolvimento

Nesta seção serão apresentados os gráficos e os comentários referente as atividades desenvolvidas na elaboração do relatório, buscando relacionar os exercícios de acordo com os conceitos apresentados na seção anterior.

Exercício 1

Neste exercício faremos um comparativo entre dois sistemas de comunicação sem fio utilizando canais com desvanecimento do tipo Rayleigh e Rice. Para isso, iremos variar a taxa SNR numa faixa de 0 a 30 dB e checar a quantidade de erros que foram gerados para cada distribuição. Além disso, para o canal Rice, iremos variar o fator riciano com os valores 1, 10, 50 e 100.

A figura a seguir exibe os resultados obtidos. Em vermelho está representada a taxa de erros da distribuição Rayleigh. Em azul está representada a taxa de erros da distribuição Rice com fator riciano de 1, depois, em amarelo com fator riciano 10, em verde com fator riciano 50 e em preto com fator riciano 100.

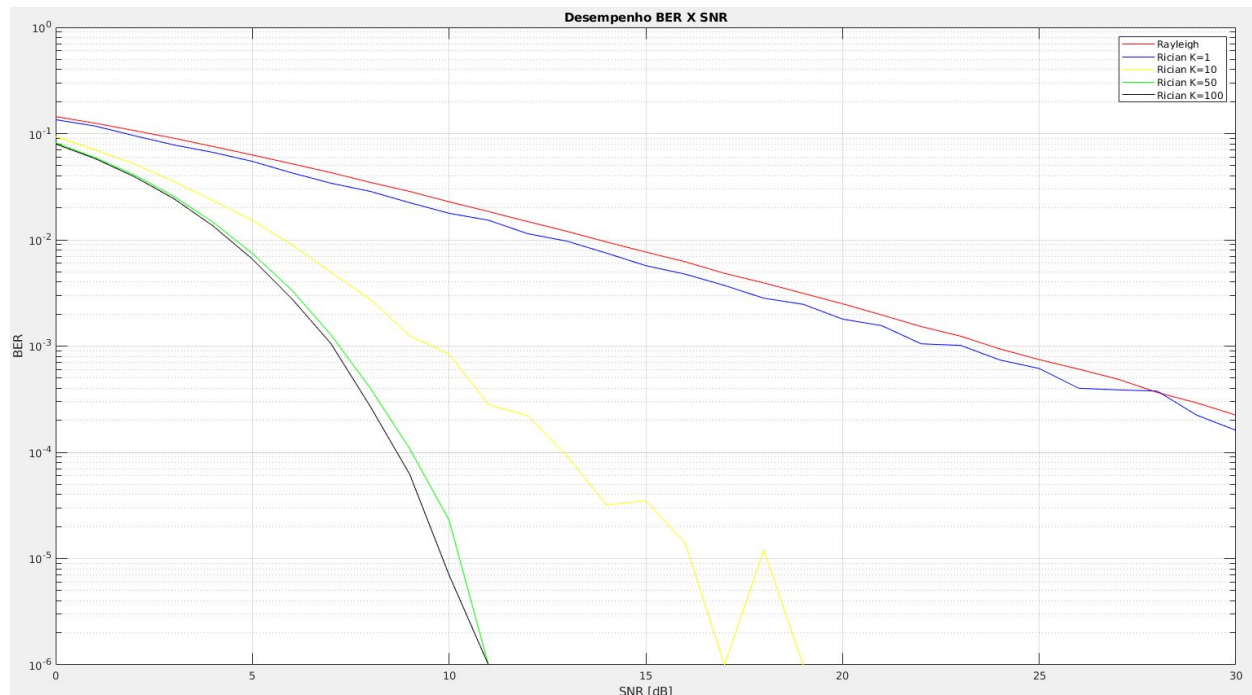


Figura 1 - Rayleigh versus Rice (BER x SNR)

O fator riciano indica a razão entre a potência da componente de visada direta do canal em relação às potências das componentes sem visada direta. Por conta disso, um fator riciano elevado, indica que as componentes sem visada direta estão chegando com uma potência bem mais baixa em relação a componente de visada direta, facilitando a detecção do sinal na recepção. Este fato está evidenciado no gráfico acima, onde podemos observar que, quanto maior o fator riciano, menor é a taxa de BER (*Bit Error Rate*). Seguindo a mesma linha de raciocínio, para a distribuição Rayleigh, onde é considerado um fator riciano de 0, temos a maior taxa de erros do sistema (em vermelho), seguido da distribuição Rice com fator riciano de 1 (em azul).

Outro fato que podemos observar no gráfico acima é o de que, quanto maior a relação sinal-ruído - SNR (*Signal Noise Ratio*), menor a taxa de erros na recepção. Isso se dá pelo fato de que a potência do sinal é maior em relação a potência do ruído, facilitando a detecção.

Exercício 2

Neste exercício simularemos um sistema SIMO (*Single-Input Multiple-Output*), ou seja, utilizaremos uma antena para transmissão e duas para a recepção dos sinais. Além disso, faremos uso da técnica MRC (*Maximal Ratio Combining*), na qual é realizada uma combinação linear entre os sinais recebidos no receptor. A imagem a seguir mostra o modelo de um sistema utilizando MRC.

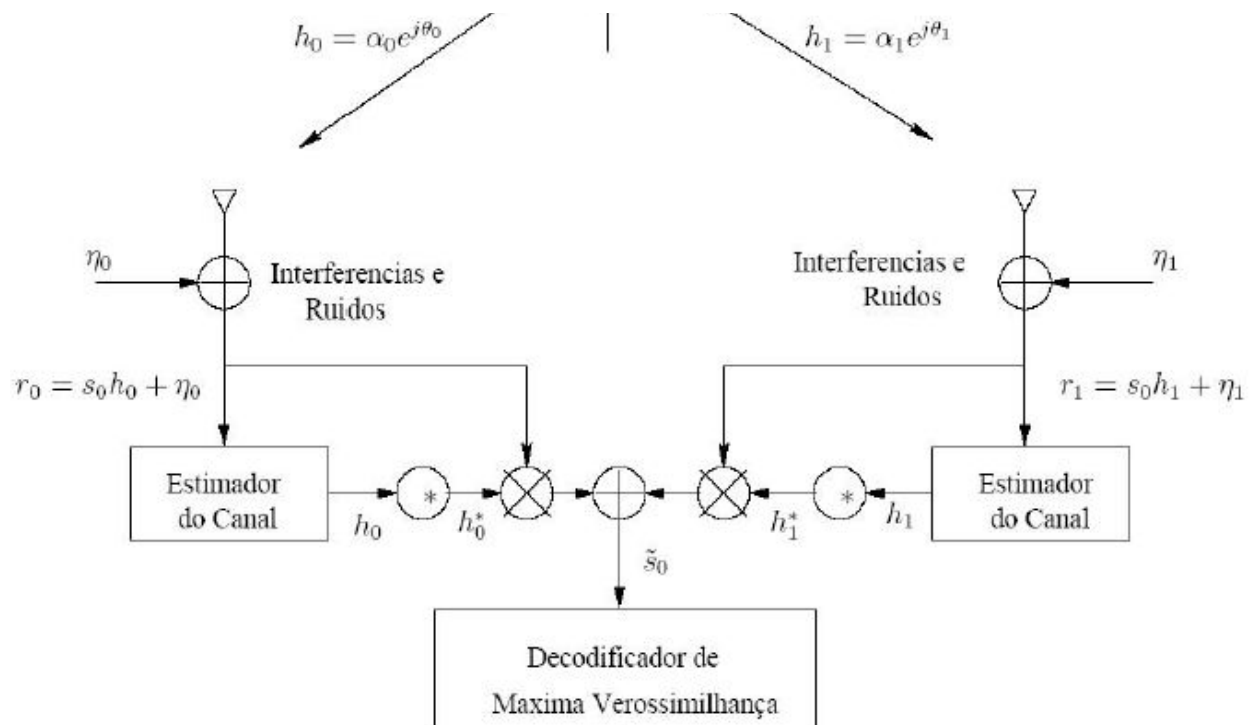


Figura 2 - Sistema SIMO com MRC

Para gerar o sinal MRC, é realizada a multiplicação do sinal recebido pela primeira antena com o complexo conjugado do ganho do canal da primeira antena, somado com a mesma operação realizada para a segunda antena. Ao fazer a multiplicação do sinal com o complexo conjugado dos ganhos do canal, o ruído AWGN é neutralizado, facilitando a decodificação.

As figuras a seguir mostram os sinais recebidos e a comparação de erros encontrados em relação à variação da SNR.

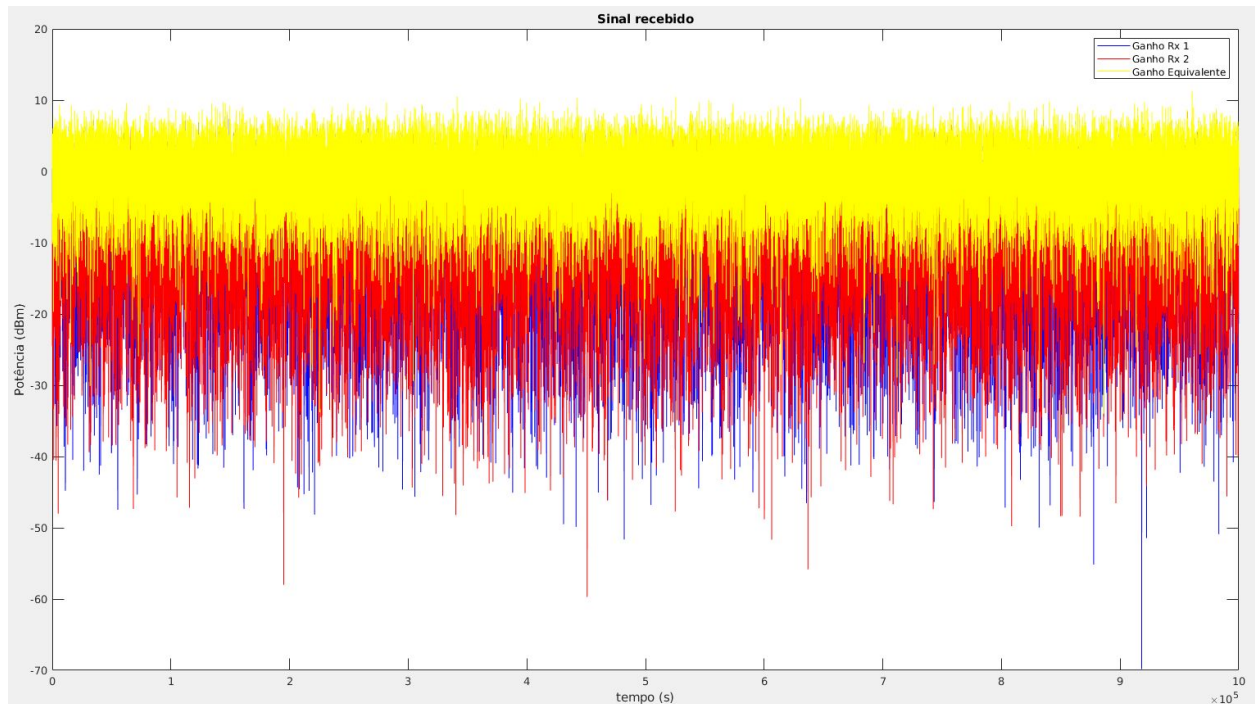


Figura 3 - Sinal recebido nas antenas 1 e 2

A figura acima mostra:

- Em azul: potência do sinal recebido pela primeira antena
- Em vermelho: potência do sinal recebido pela segunda antena
- Em amarelo: potência do sinal equivalente

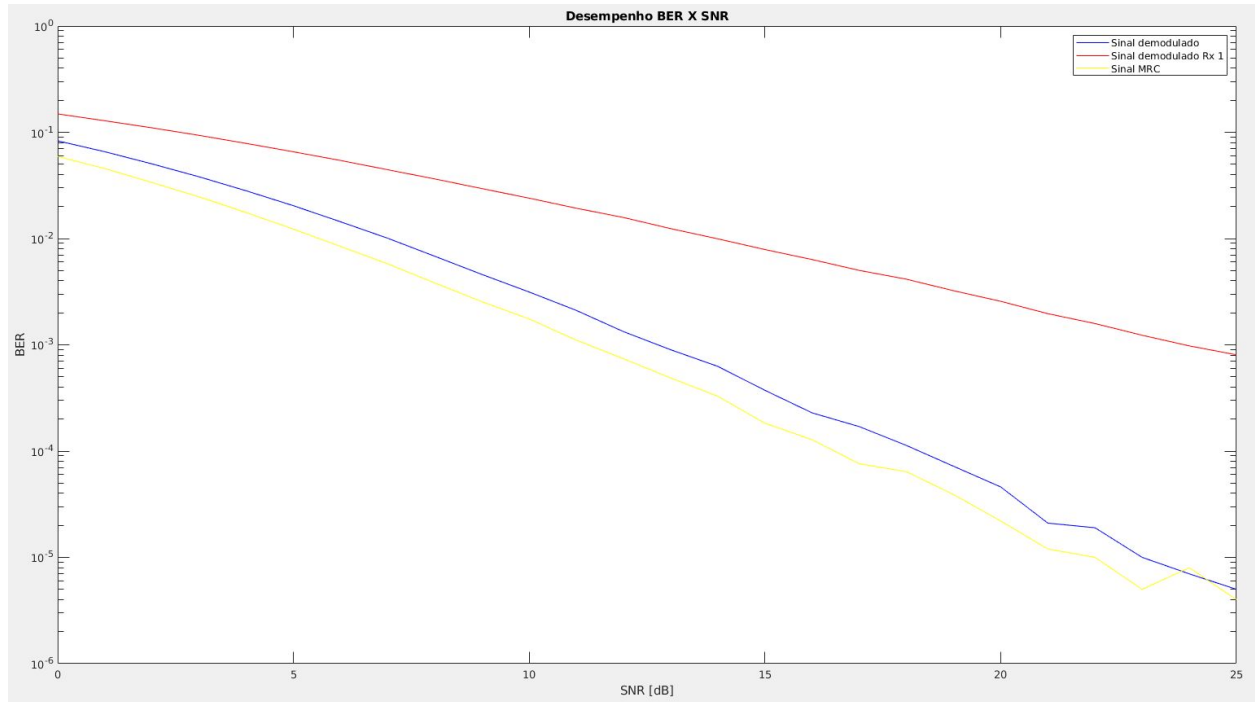


Figura 4 - Desempenho MRC

A figura acima mostra:

- Em vermelho: taxa de erros do sinal demodulado somente na antena 1
- Em azul: taxa de erros do sinal demodulado
- Em amarelo: taxa de erros do sinal demodulado com MRC

A partir da figura acima, podemos constatar que o sinal demodulado com a técnica MRC apresentou um desempenho melhor em relação a variação do SNR, quando comparado com os sinais demodulados sem a utilização da técnica.

Exercício 3

Neste exercício simularemos um sistema MISO (*Multiple-Input Single-Output*) e um sistema MIMO (*Multiple-Input Multiple-Output*). Utilizaremos um cenário com duas antenas transmissoras e uma receptora, e outro cenário com duas antenas transmissoras e duas receptoras. Para ambos os casos iremos utilizar um SNR variando de 0 a 25 dB e, em seguida, vamos comparar os resultados obtidos.

A figura a seguir exibe o resultado gerado a partir do sistema MISO, utilizando duas antenas transmissoras e uma antena receptora.

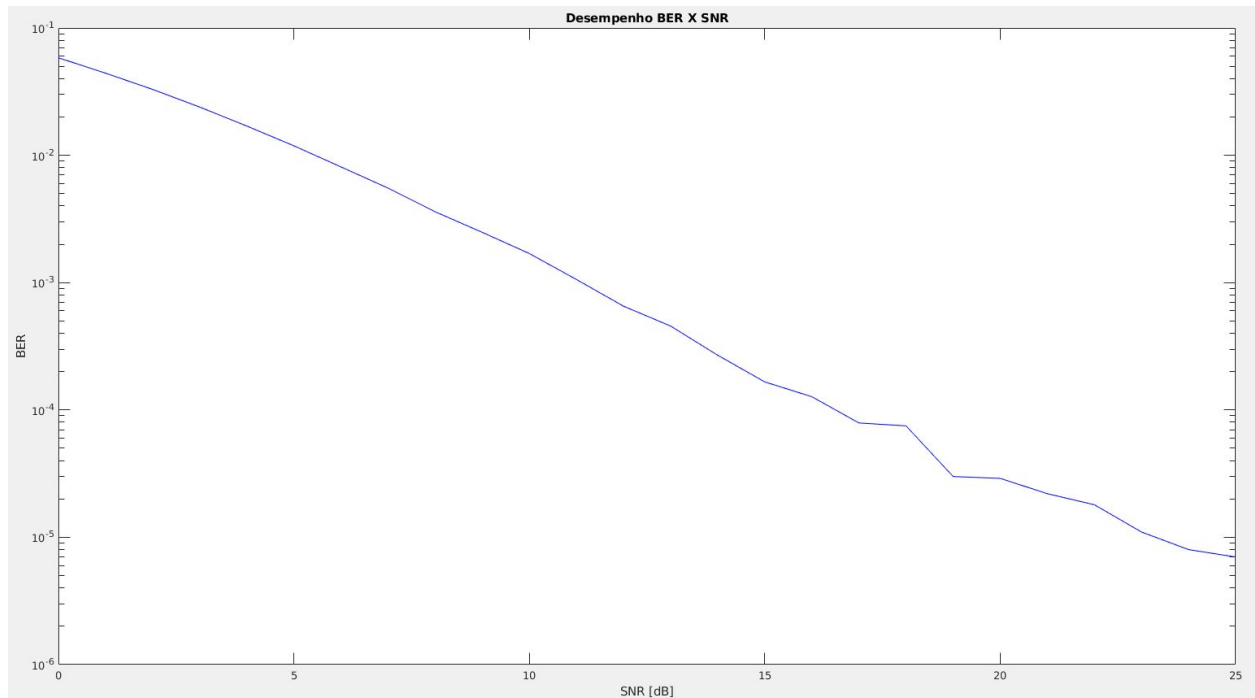


Figura 5 - Desempenho Alamouti 2 TX 1 RX

A figura a seguir exhibe o resultado gerado a partir do sistema MIMO, utilizando duas antenas transmissoras e duas antenas receptoras.

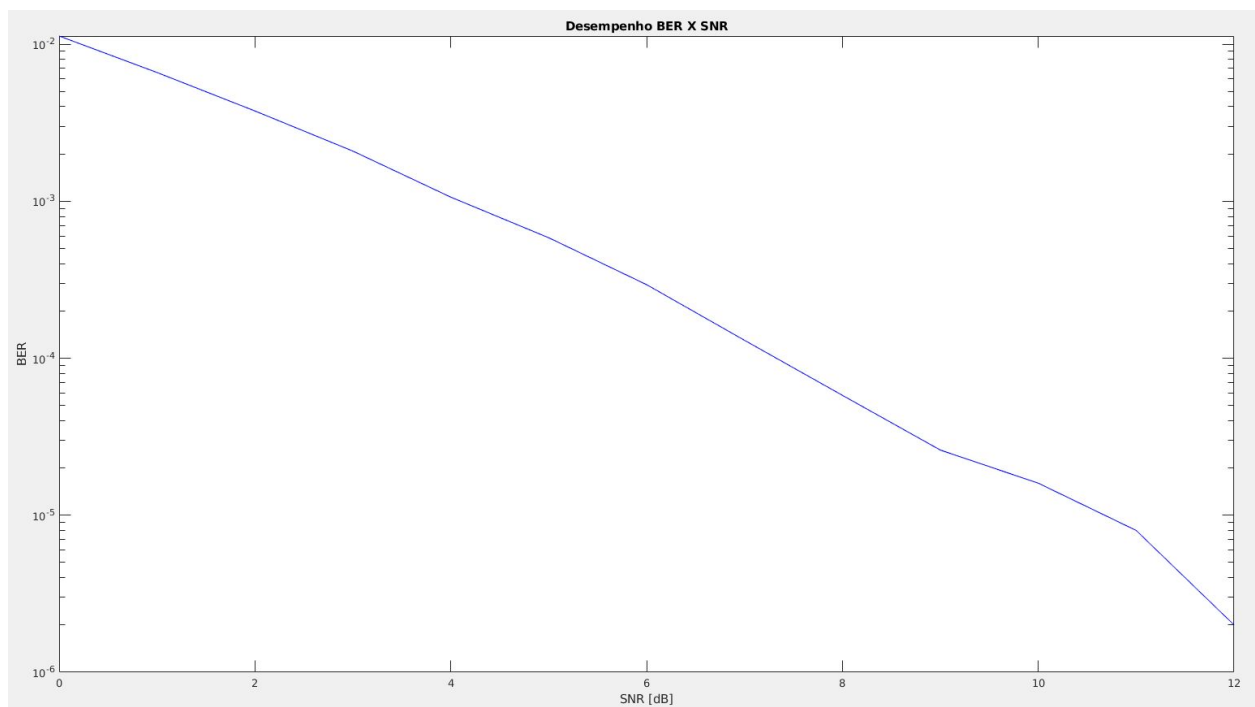


Figura 6 - Desempenho Alamouti 2 TX 2 RX

A partir dos resultados obtidos com as simulações exibidas nas imagens acima, podemos concluir que, apenas colocando mais uma antena receptora no sistema Alamouti, a probabilidade de erros reduz fortemente. No início do gráfico, considerando um SNR de 0 dB, a saída do sistema com dois TX e dois RX já possui menos erros quando comparado com o sistema com dois TX e um RX. Em seguida, no fim dos gráficos, podemos ver que para um SNR de 12 dB, o sistema com dois TX e dois RX já gera menos erros que o sistema com dois TX e um RX, considerando um SNR de 25 dB para esse segundo sistema.

Seção IV - Conclusões

Nesta seção, abordaremos as conclusões chegadas a partir dos exercícios realizados.

Exercício 1

De acordo com os resultados obtidos, foi possível constatar como as componentes de multipercurso afetam a detecção do sinal na recepção. Ou seja, quanto maior foi o fator riciano (que indica a relação entre a componente de visada direta e as componentes de multipercurso), menos erros foram gerados na recepção.

Exercício 2

De acordo com o experimento realizado, pudemos constatar a melhora gerada na detecção do sinal na recepção quando utilizada a técnica MRC, pois a partir da combinação linear realizada entre os sinais recebidos no receptor, é possível reduzir os efeitos do ruído na detecção do sinal.

Exercício 3

De acordo com os resultados obtidos neste exercício, foi possível constatar a forte melhora na performance do receptor quando utilizado, por exemplo, um Alamouti com dois transmissores e dois receptores, em relação à utilização de um Alamouti com dois transmissores e apenas um receptor. O incremento de um receptor reduziu consideravelmente os erros gerados na recepção, garantindo uma detecção mais confiável.

Seção V - Códigos

Os códigos utilizados para o desenvolvimento deste relatório estão disponíveis no seguinte endereço: <https://github.com/viniciusluzsouza/csf/tree/master/relatorio>