

**INSTITUTO
FEDERAL**
Santa Catarina

Câmpus
São José

Relatório – Avaliação 1 - Diversidade

SER de M-QAM com MRC ($L=2$) em AWGN

Disciplina: COM029008 - SISTEMAS DE COMUNICAÇÃO II (2025 .2 - T01)

Professor: Marcio Henrique Doniak

Alunos: Igor Budag e Wagner Santos

Setembro de 2025

Sumário

1.	Objetivo	3
2.	Fundamentação Teórica	3
3.	Metodologia	3
4.	Parâmetros	3
5.	Resultados	4
5.1.	Obtidos	4
5.2.	Esperados:	5
6.	Conclusões	5

1. Objetivo

Comparar a SER em AWGN (banda base) entre 4-QAM e 16-QAM, e entre L=1 (SISO) e L=2 (MRC), quantificando o ganho por diversidade e o impacto da ordem de modulação.

2. Fundamentação Teórica

- Conversão: $Es/N_0 = Eb/N_0 * \text{Log}_2(M)$; em dB: $Es/N_0[\text{dB}] = Eb/N_0[\text{dB}] + 10 * \log_{10}(\text{log}_2(M))$.
- MRC (L ramos independentes) em AWGN: ganho $\approx 10 * \log_{10}(L)$ dB → para L=2, 3 dB.
- 16-QAM requer mais Eb/N0 do que 4-QAM (mesma SER) – diferença típica 3 dB.

3. Metodologia

- Geração de símbolo aleatório por experimento (Pack=1).
- Varredura de Eb/N0 para 4-QAM e 16-QAM; para cada M, avaliar L=1 e L=2.
- Canal AWGN calibrado via Es/N0 (convertido de Eb/N0).
- Combinação MRC por soma coerente e normalização por L.
- Demodulação e contagem de erros de símbolo → SER.

4. Parâmetros

- Modulações: 4-QAM e 16-QAM
- Ramos: L=1 (SISO) e L=2 (MRC)
- Eb/N0 [dB]: grade uniforme (ex.: -8:4:20)
- Iterações por ponto: ≥ 10000
- Canal: AWGN, banda base

5. Resultados

5.1. Obtidos

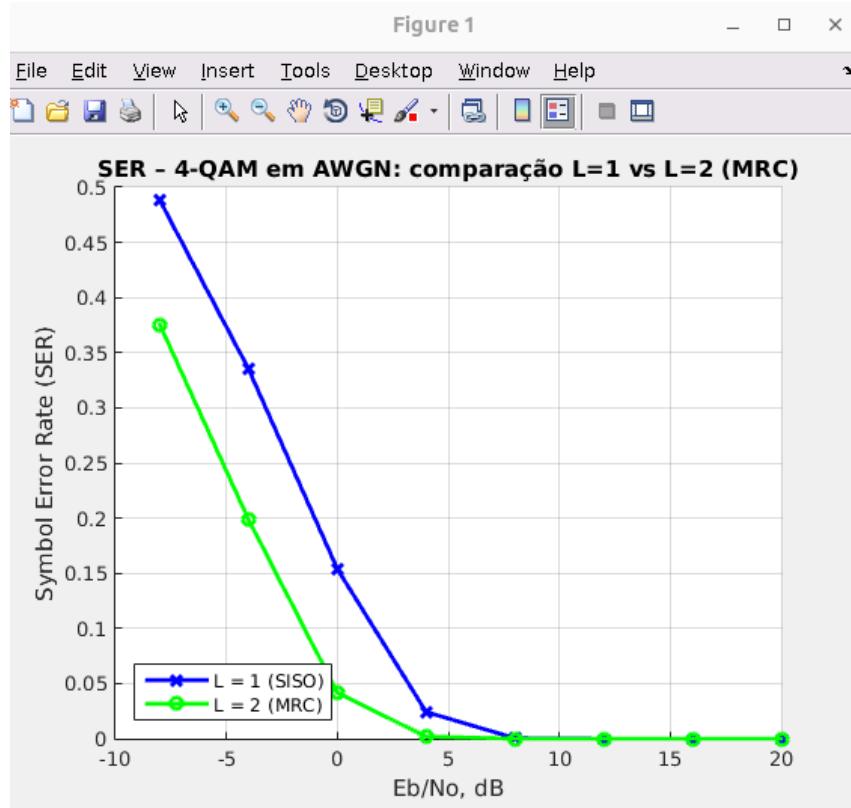


Figure 1: 4-QAM

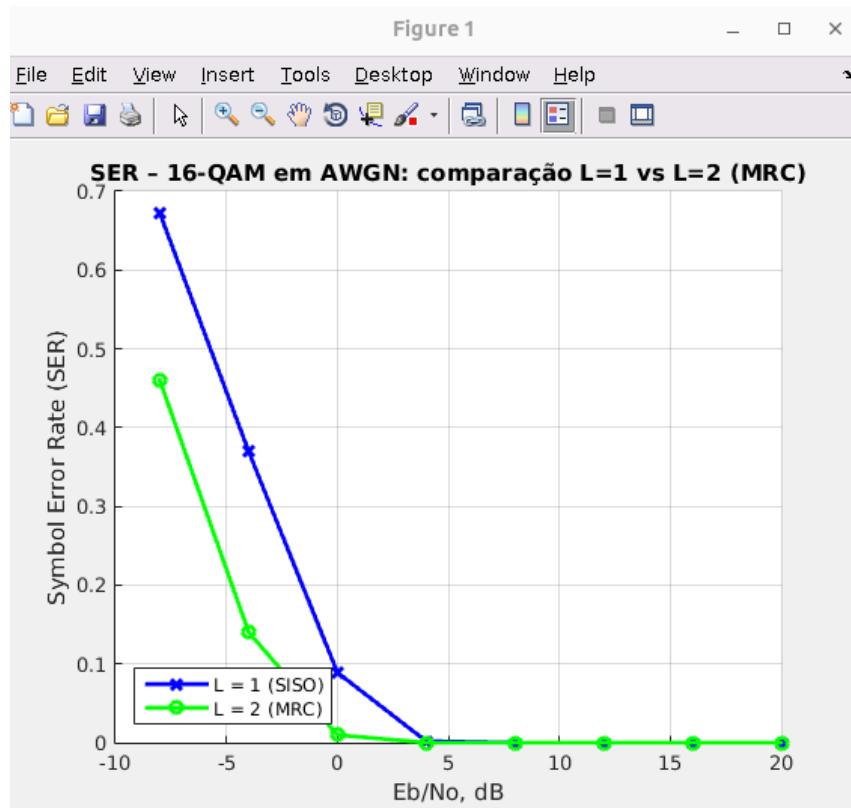


Figure 2: 16-QAM

Observou-se queda monotônica da SER com o aumento de Eb/N0. Em todas as condições, L=2 (MRC) deslocou a curva \approx 3 dB à esquerda de L=1 (SISO), confirmando o ganho de diversidade em AWGN. Comparando modulações, 4-QAM apresentou desempenho superior à 16-QAM (mesma SER com menor Eb/N0), com diferença típica de \approx 3–4 dB. Pequenas discrepâncias e “piso zero” em SER decorrem do número finito de amostras; ao aumentar o total de símbolos simulados, as curvas tornam-se mais lisas nas baixas SER.

5.2. Esperados:

- L=2 desloca a curva \approx 3 dB à esquerda de L=1 (ganho de diversidade).
- 16-QAM precisa de 3 dB a mais que 4-QAM (mesma SER), em AWGN.
- Aumentar iterações reduz flutuações em SER baixa.

6. Conclusões

- MRC (L=2) melhora o desempenho em relação ao SISO, conforme teoria.
- 4-QAM é mais robusta que 16-QAM em AWGN para a mesma SER.
- Resultados coerentes com expectativas analíticas.