

Introdução à Tecnologia Celular de 5ª Geração

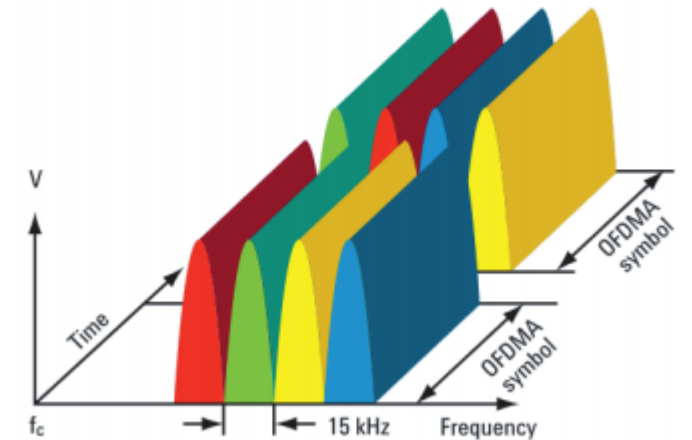
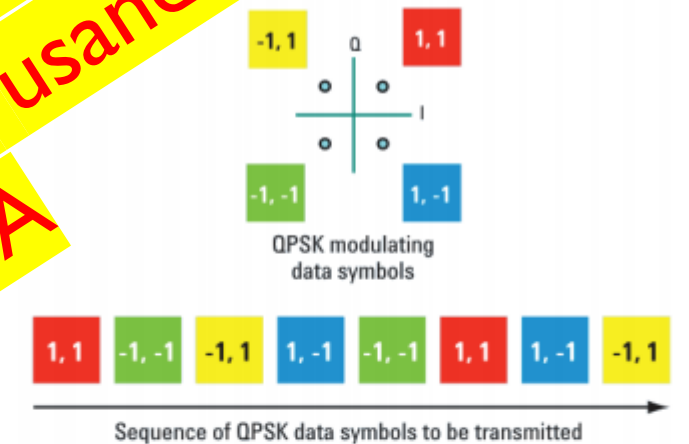
2ª parte

N5GG

Colin Buckup

Julho 2020

Entendendo
Transmissão de Dados
por Canal Rádio usando
OFDMA

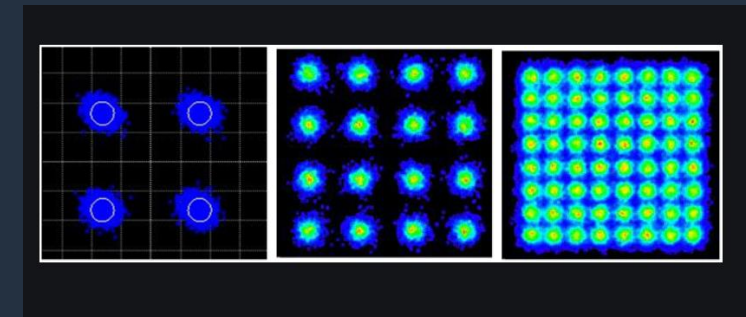
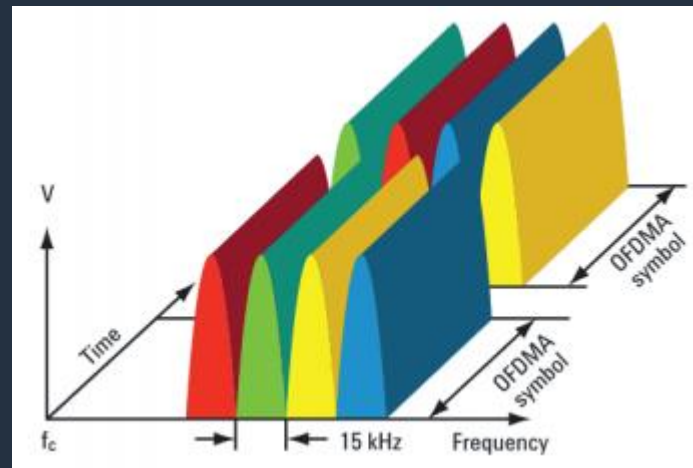
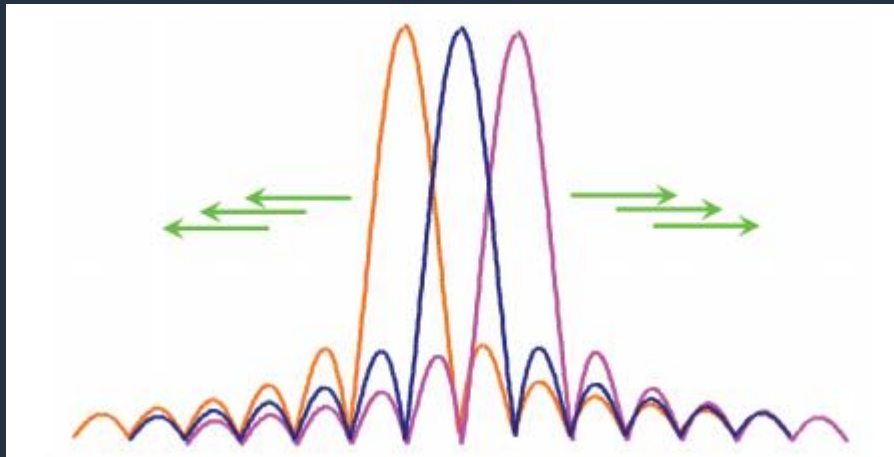


OFDMA

Data symbols occupy 15 kHz for
one OFDMA symbol period

Pontos de Discussão 2ª Parte

- Transmissão de Dados Digitais por Canal Rádio
- Tecnologia OFDMA – Orthogonal Frequency Division Multiple Access



5G – Lembrete dos Serviços e Usos

4G LTE

Enhanced Mobile Broadband (eMBB)

Serviços de Banda Larga

FOCO

Gigabytes por segundo

Video 3D e altíssima resolução

Smart home

Processamento na 'nuvem'

Realidade Virtual / Realidade Aumentada

Serviços de Voz

Automação Industrial

Smart city

Serviços de Missão Crítica

Veículos Autônomos

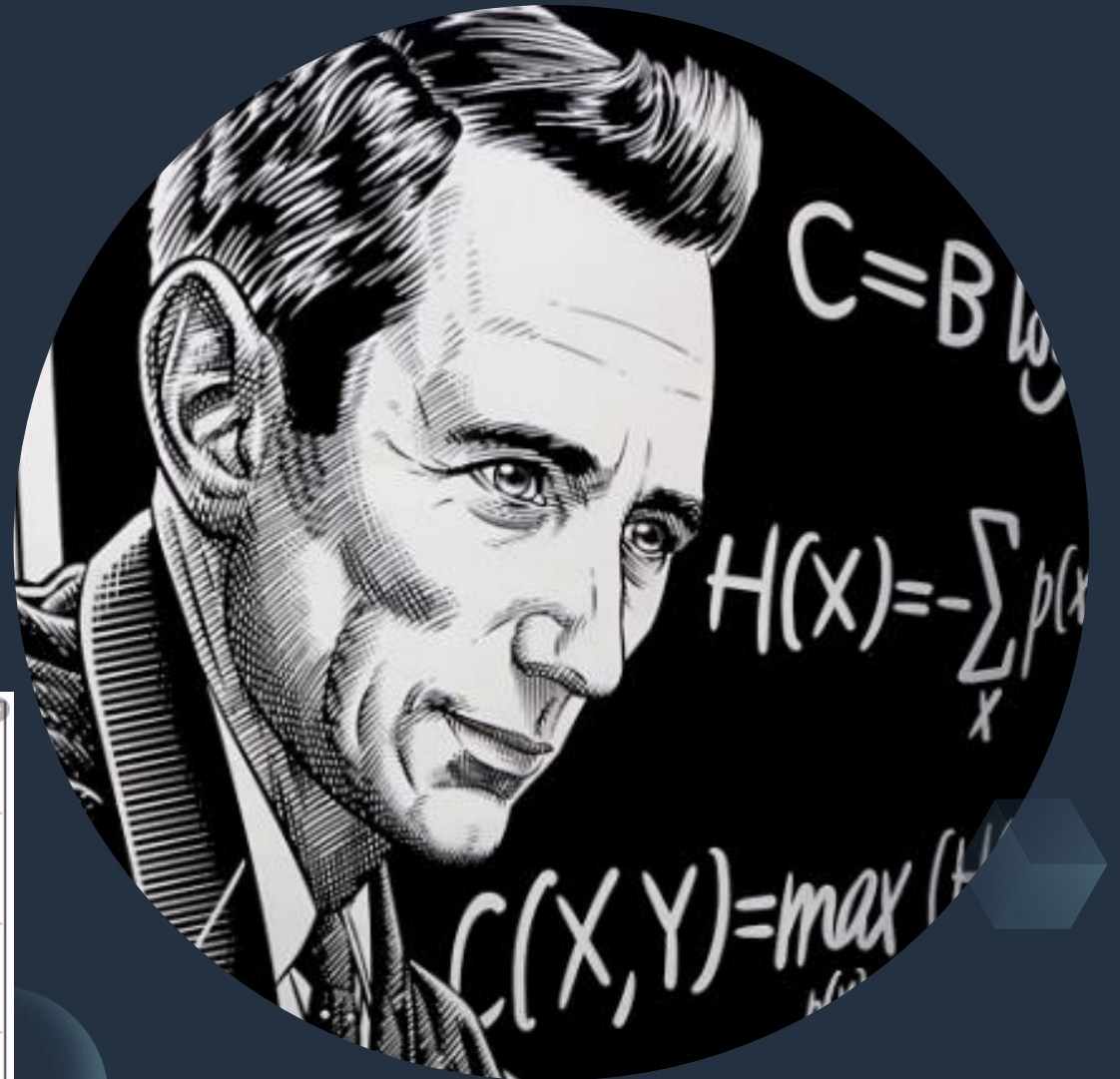
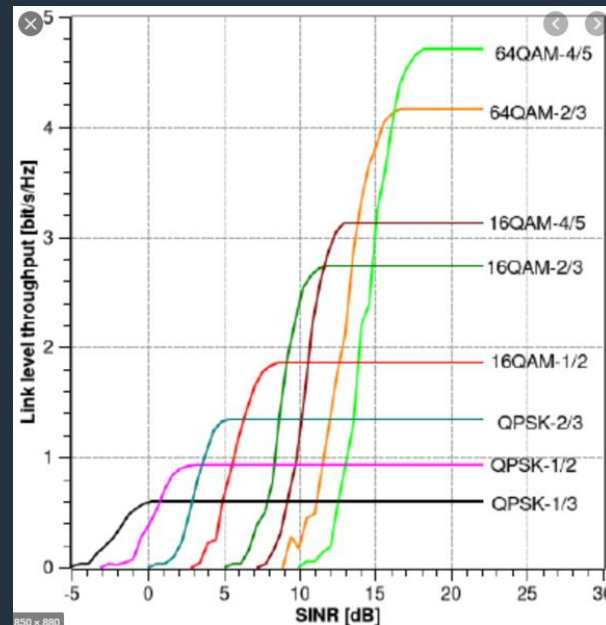
Massive Machine Type
Communications (MMTC)
Serviços de Comunicação
Máquina à Máquina

Ultra-Reliable and Low-Latency
Communications (URLLC)
Serviços de Alta Confiabilidade e
Baixa Latência

Claude Shannon e a Teoria da Informação

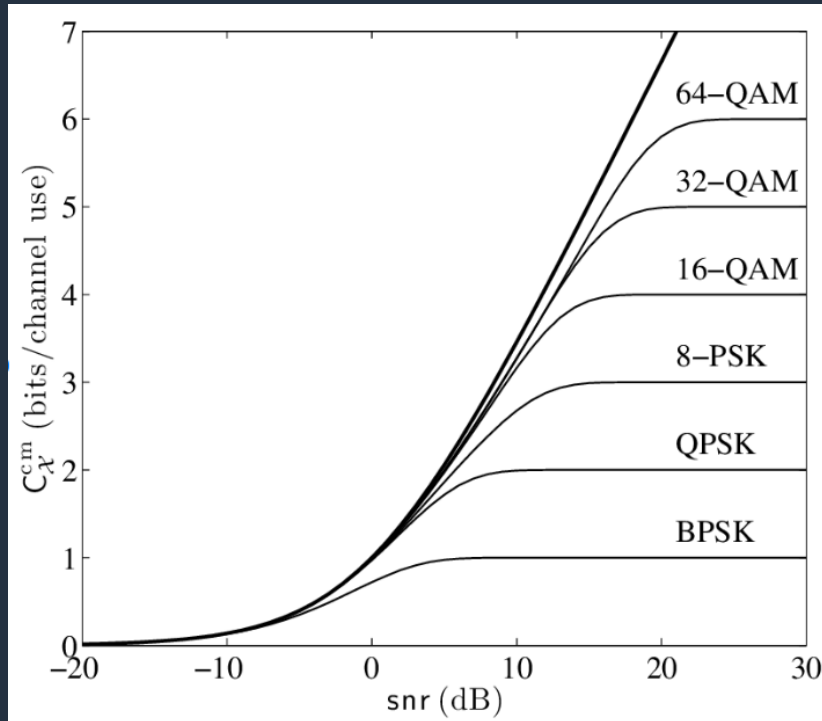
- Entre muitos de seus teoremas e postulados, um é de suma importância na busca por velocidades de transmissão cada vez mais altas:

- O relacionamento entre :
 - Velocidade de Transmissão
 - Largura de Banda e
 - Relação Sinal Ruído



Conceito:

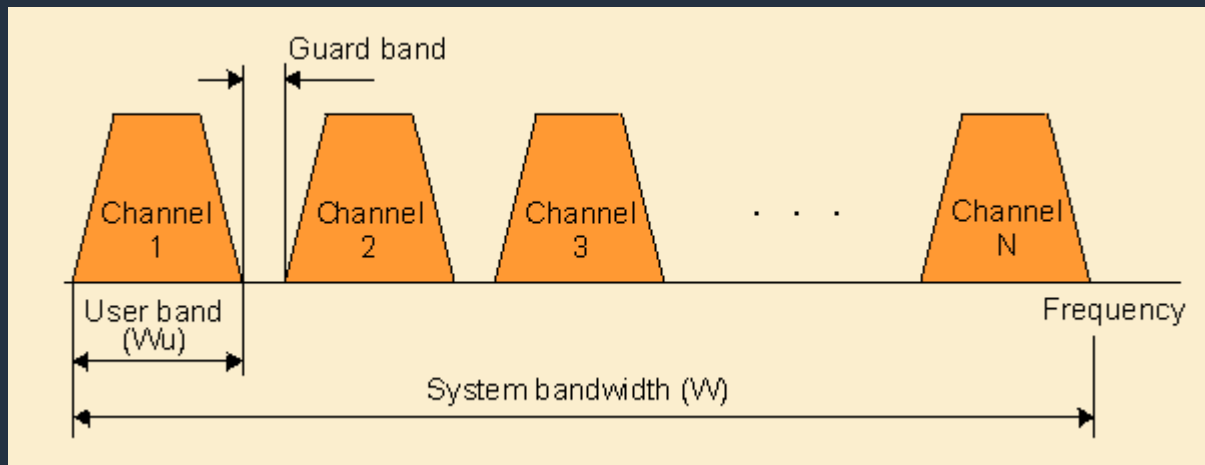
- Capacidade de Canal
- Eficiência Espectral



- **Capacidade de Canal** mede a quantidade de informação que pode ser transmitida confiavelmente em um canal de largura de banda BW.
- Em comunicação de dados medimos a capacidade do canal em bit/s, kb/s, Mb/s, etc.
- **Eficiência Espectral** mede a relação entre a capacidade de canal e a largura de banda utilizada.
- Em comunicação de dados medimos a eficiência espectral em b/s/Hz, kb/s/kHz, etc.
- **DESAFIO: Enviar MUITOS dados em POUCA largura de banda**

FDM - Frequency Division Multiplex

- Largura de Banda – BW - Bandwidth
- Banda de Guarda – GB – Guard Band



W_u = Largura de banda de um sinal

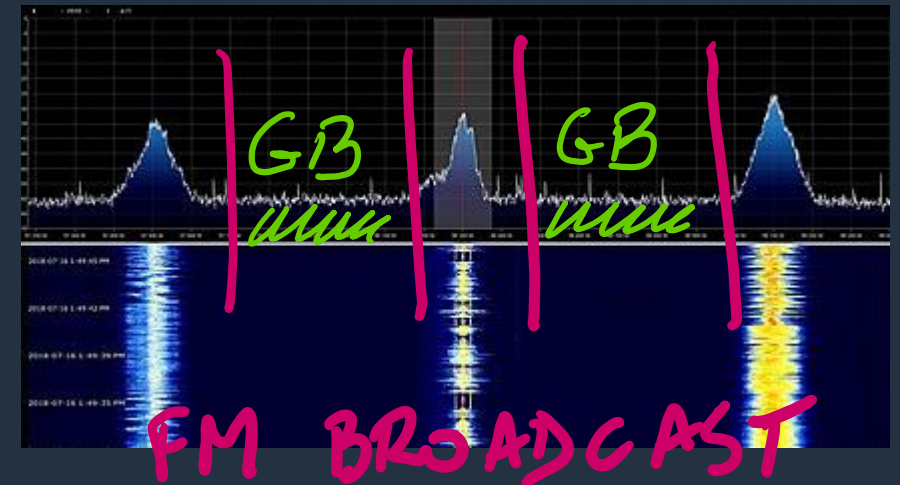
N = Número de sinais distintos

GB = Banda de Guarda entre sinais distintos

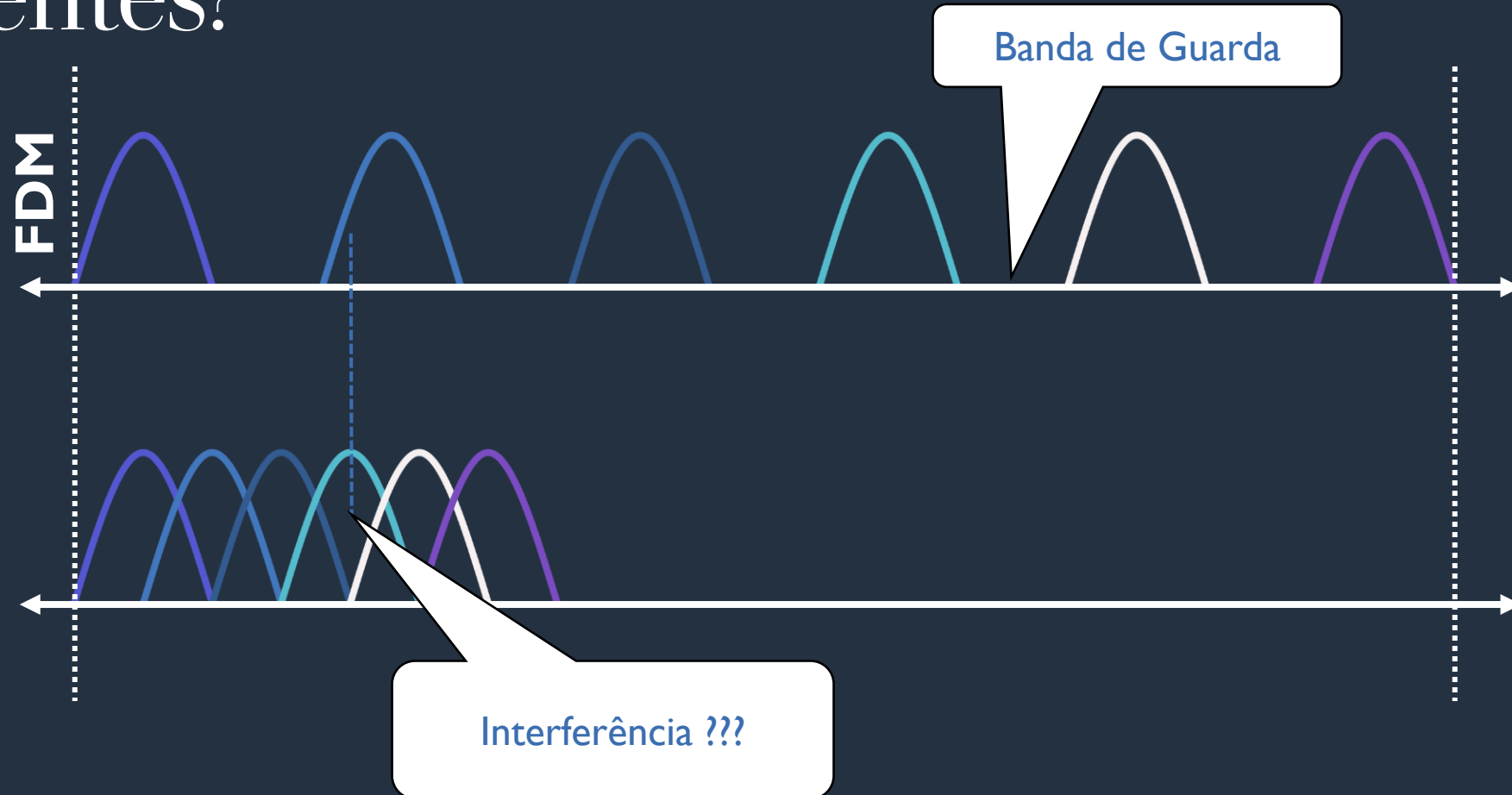
W = Largura de Banda do Sistema = $N * W_u + (N-1) * GB$

GB existe para manter separação entre sinais distintos. Sem essa separação um sinal interfere com o próximo.

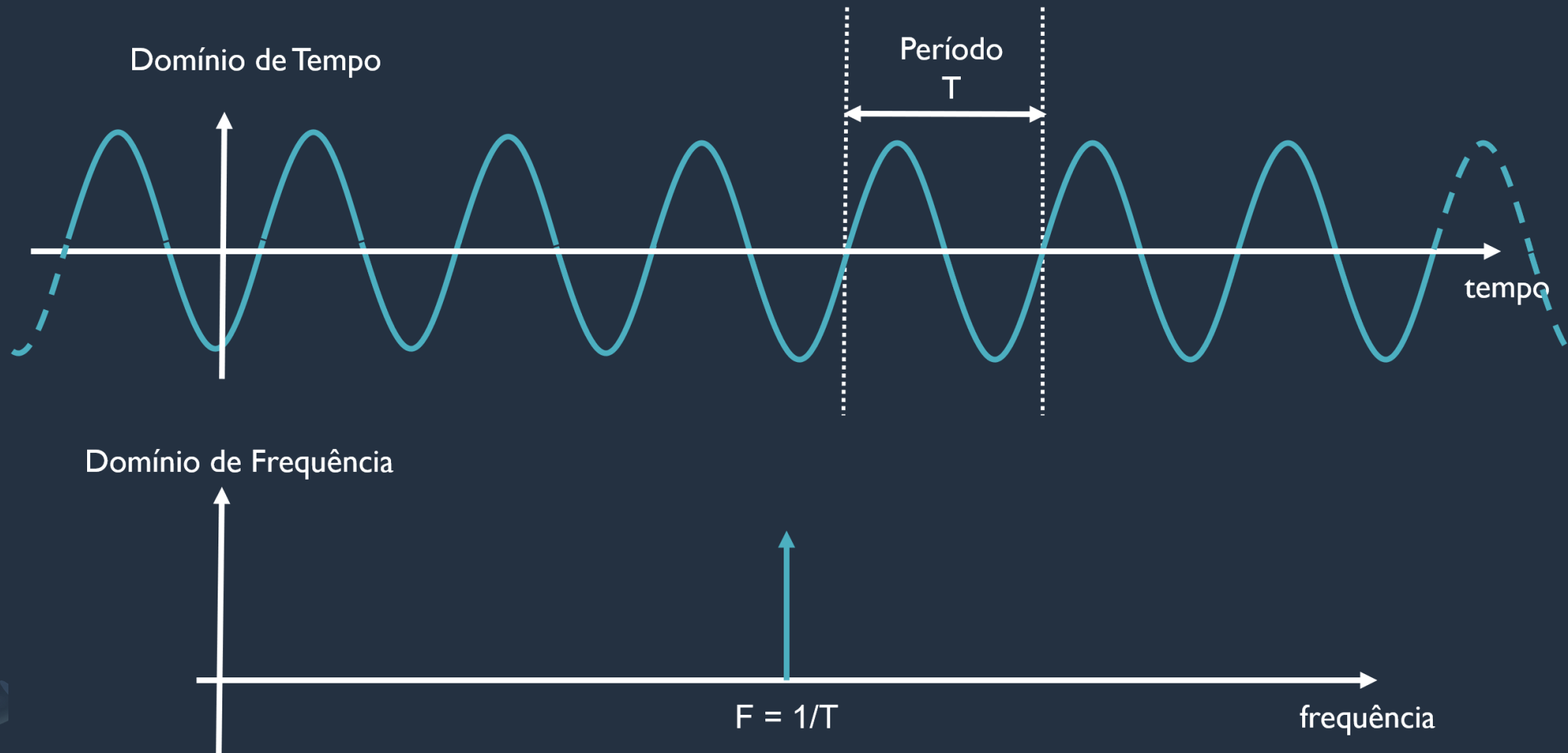
GB é essencialmente parte do espectro não utilizável, portanto é desperdício!



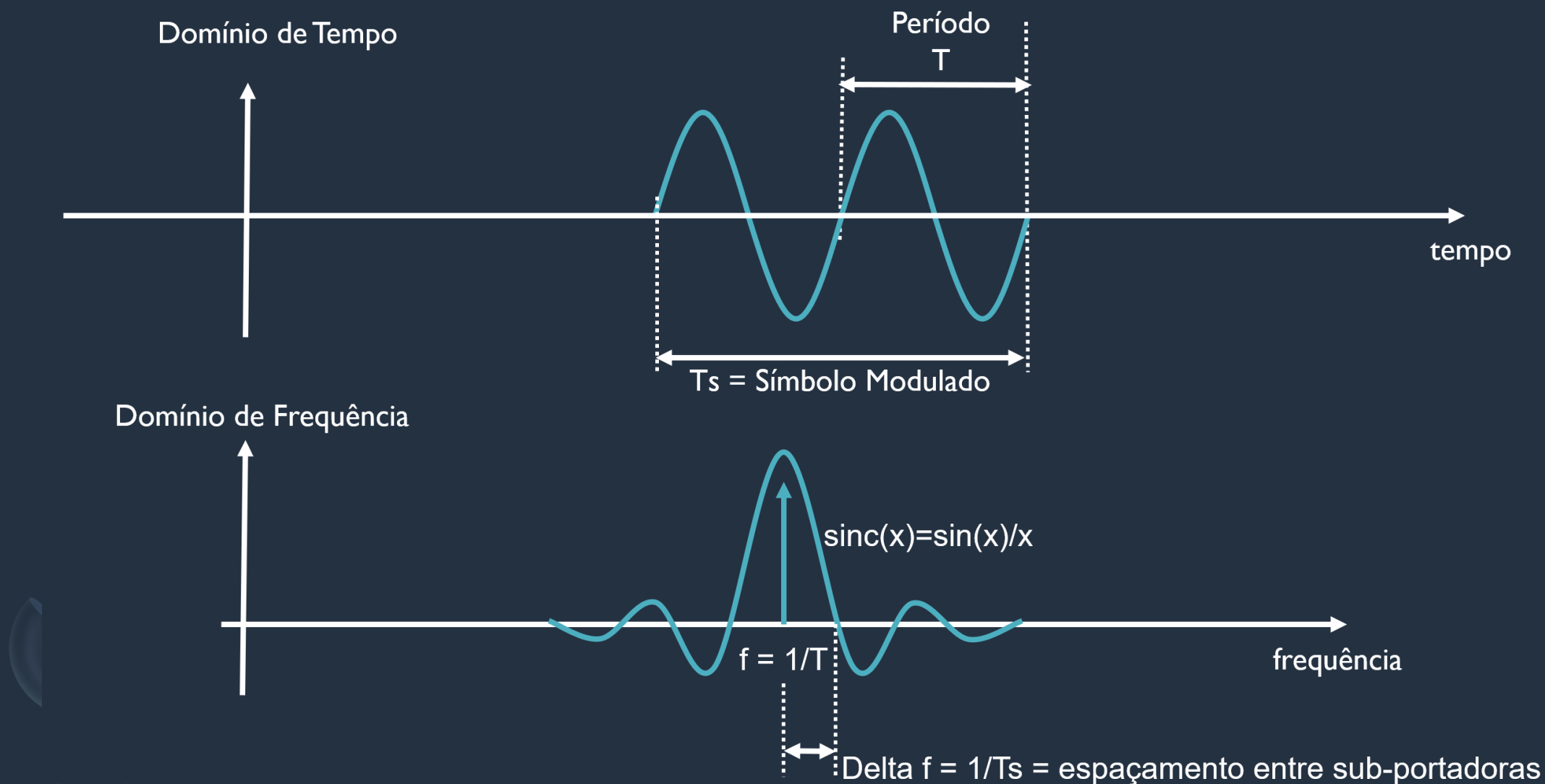
Será que dá para eliminar a Banda de Guarda sem causar interferência entre sinais adjacentes?



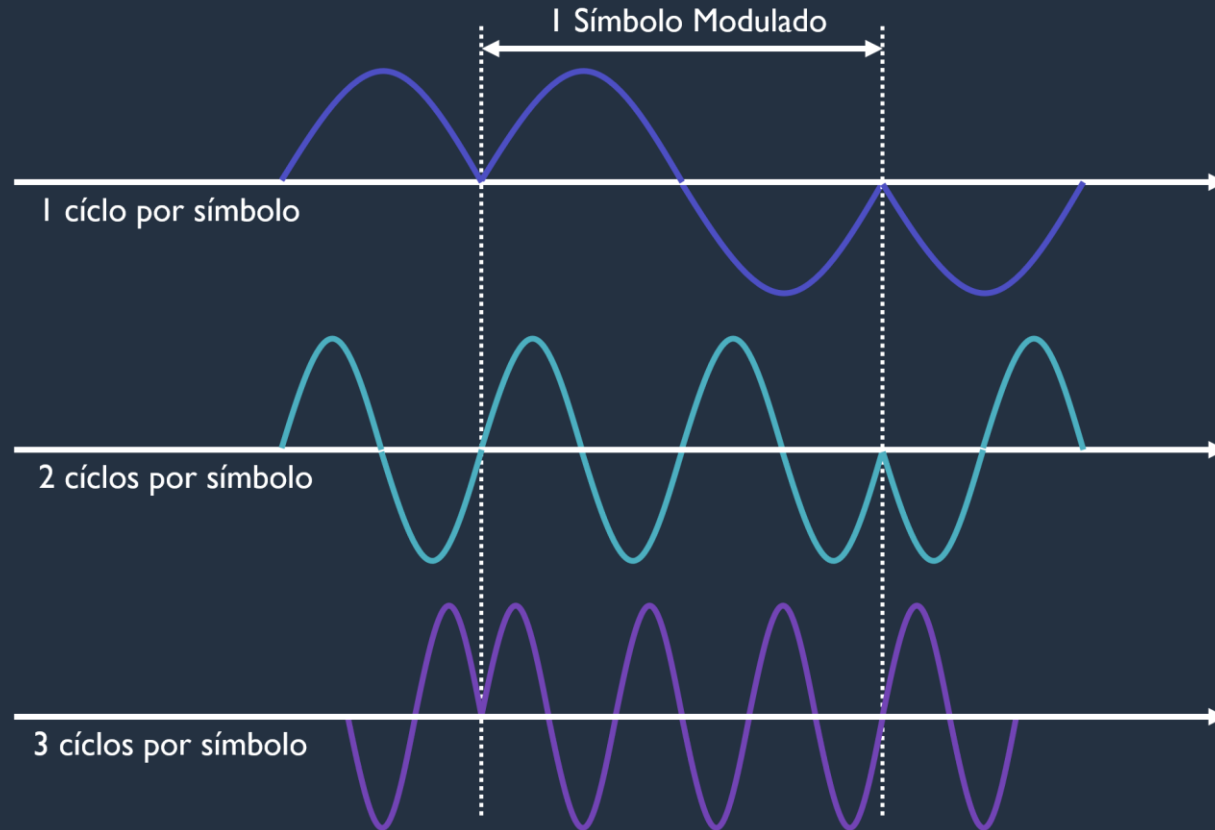
Sinal de Portadora Contínua



Sinal de Portadora não Contínua (modulada)



Sub-Portadoras Ortogonais - I



Exemplo:

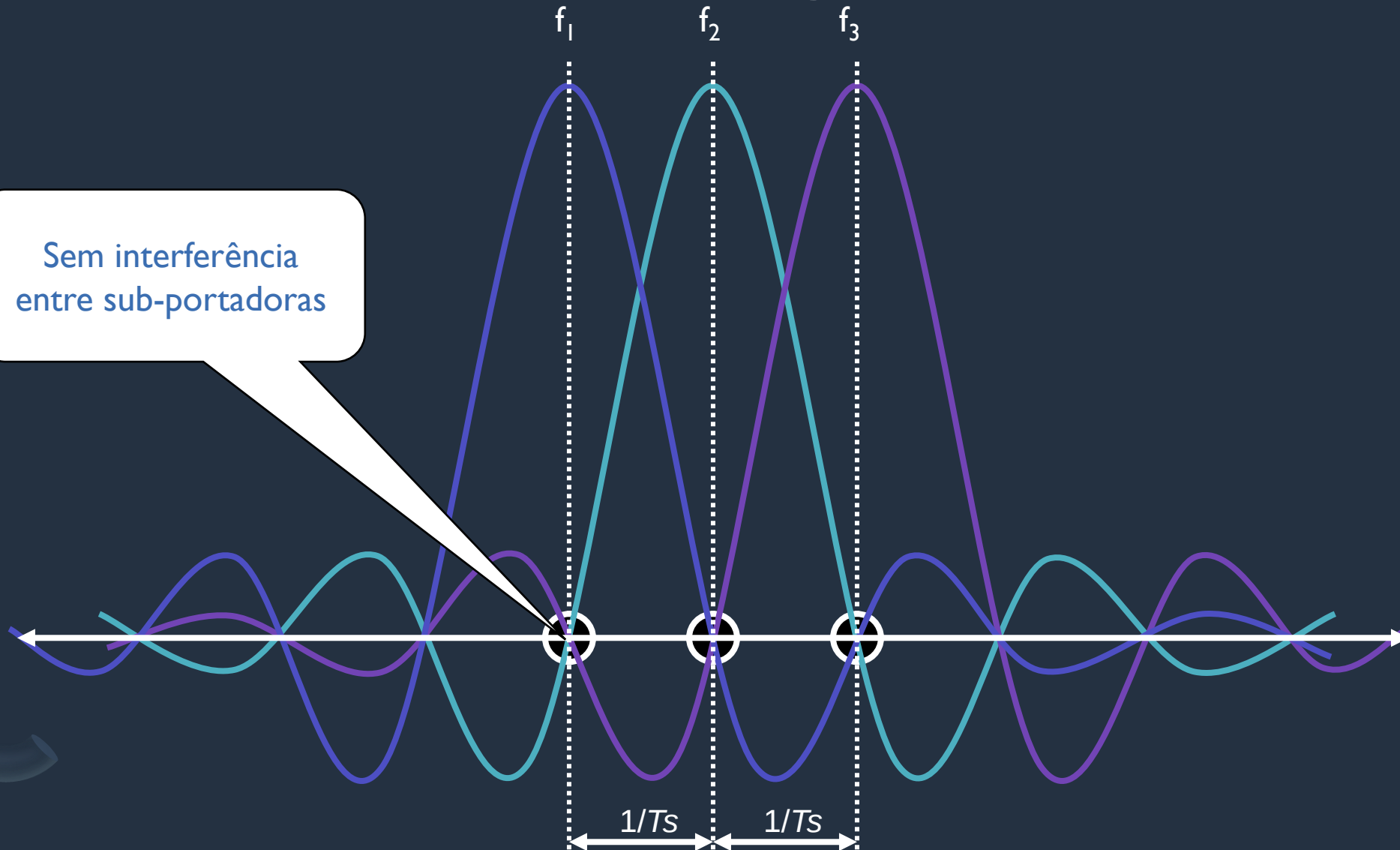
3 sub-portadoras de frequências distintas, cada uma carregando informação distinta.

Cada sub-portadora carrega informação no intervalo de tempo = Modulation Symbol, que é igual ao período da sub-portadora de MENOR frequência

A informação está contida na amplitude e na fase de cada sub-portadora

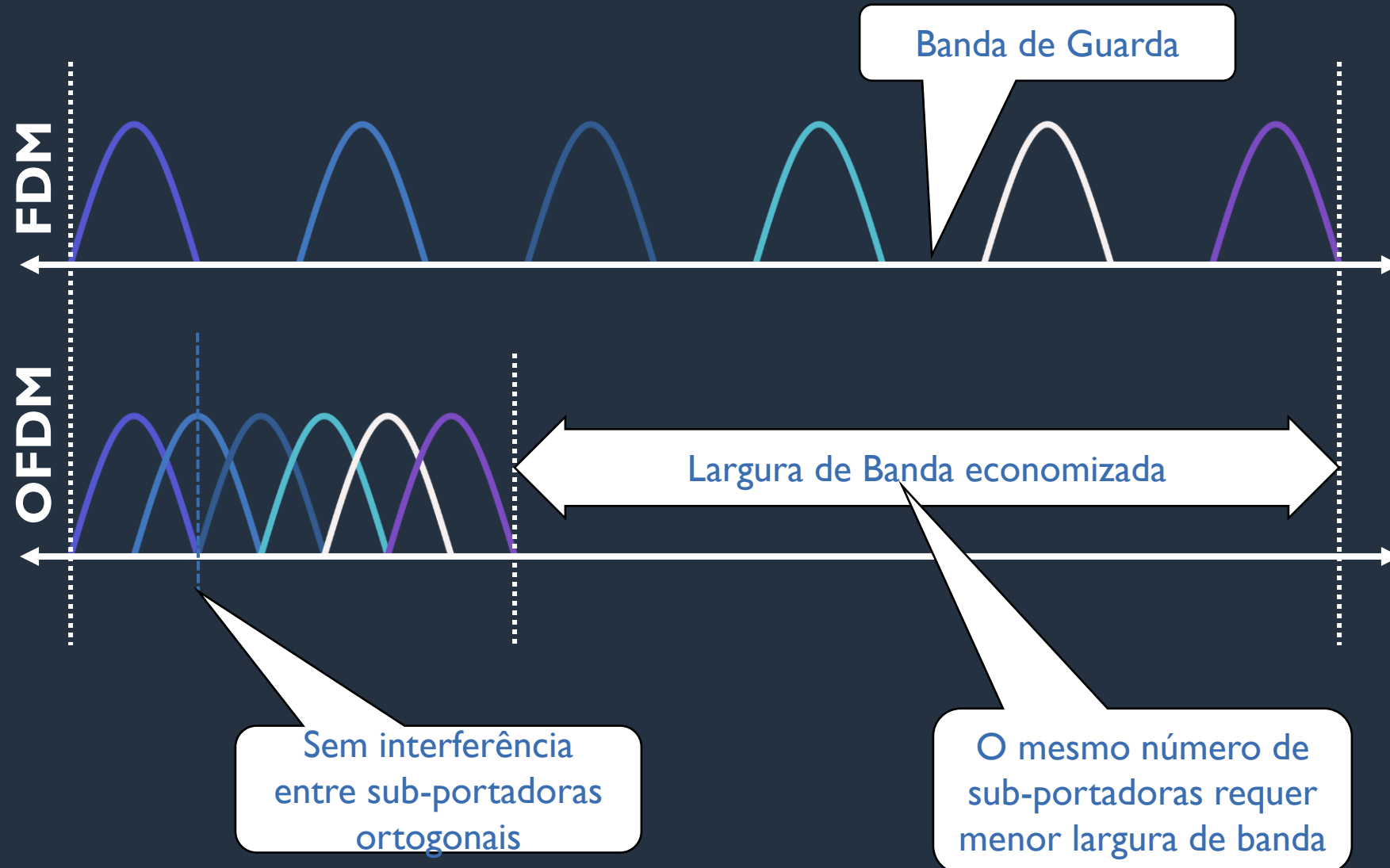
Sub-Portadoras Ortogonais - II

Sem interferência
entre sub-portadoras

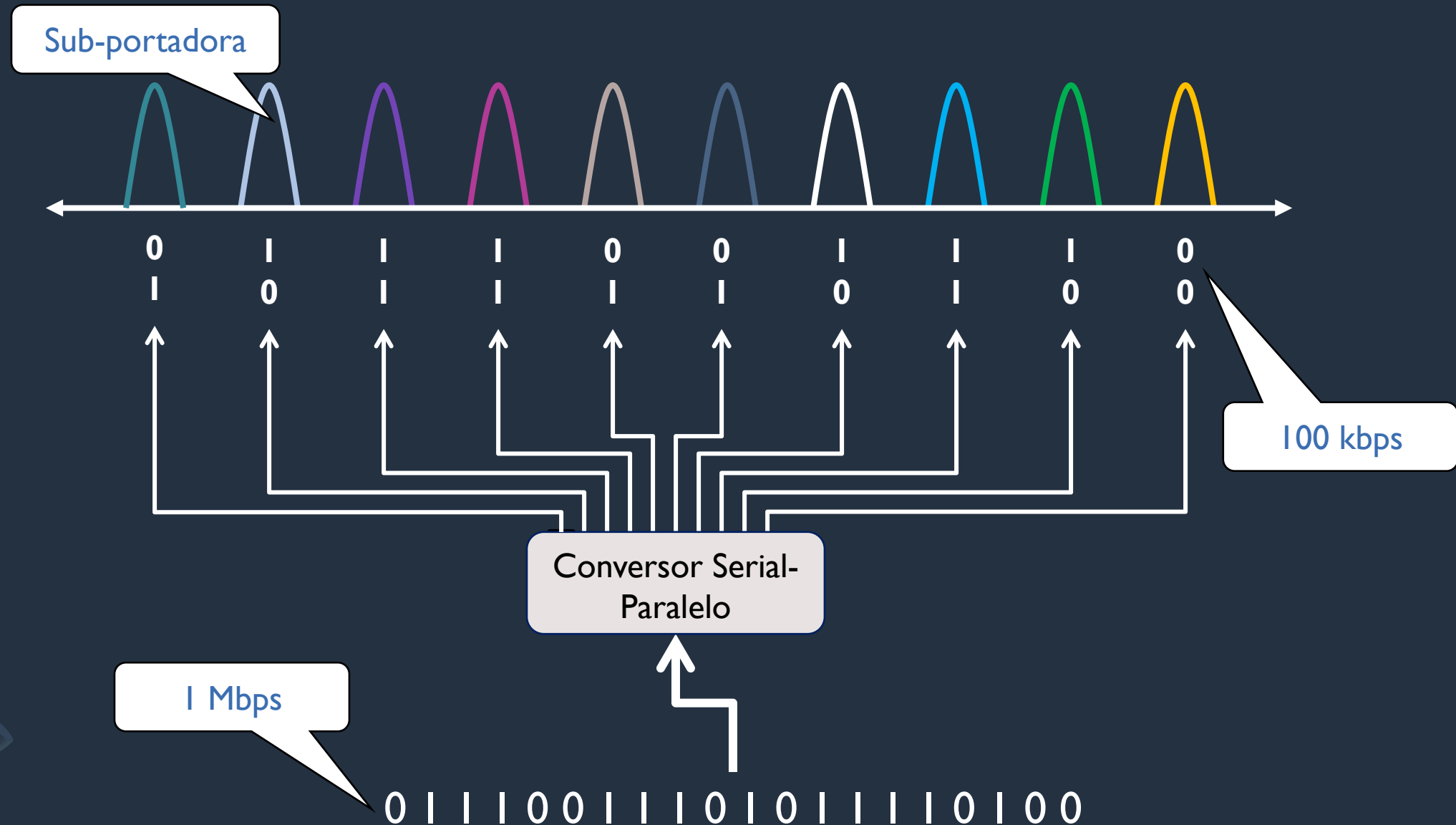


Será que dá? SIM!

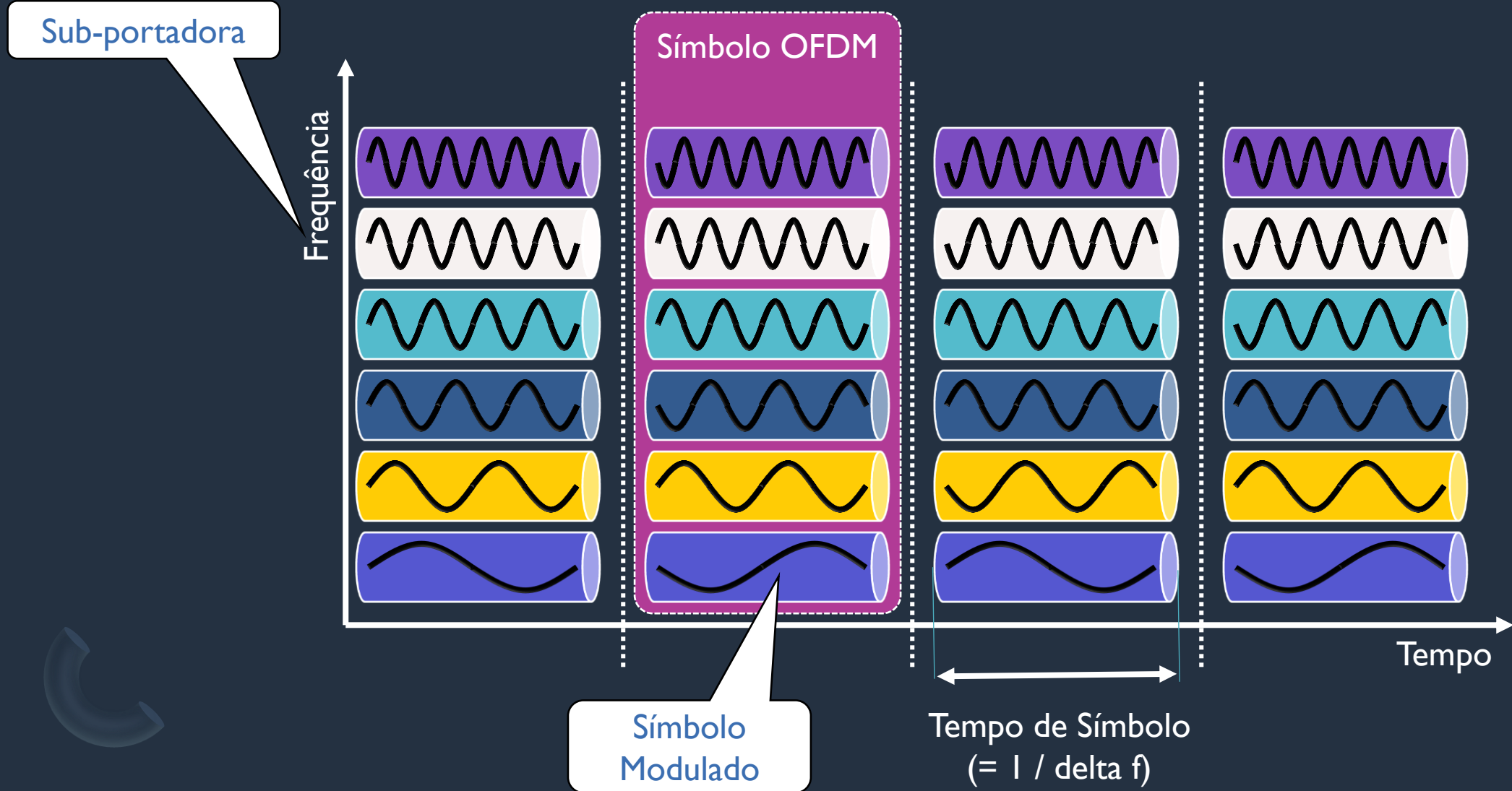
OFDM – Orthogonal Freq. Division Multiplex



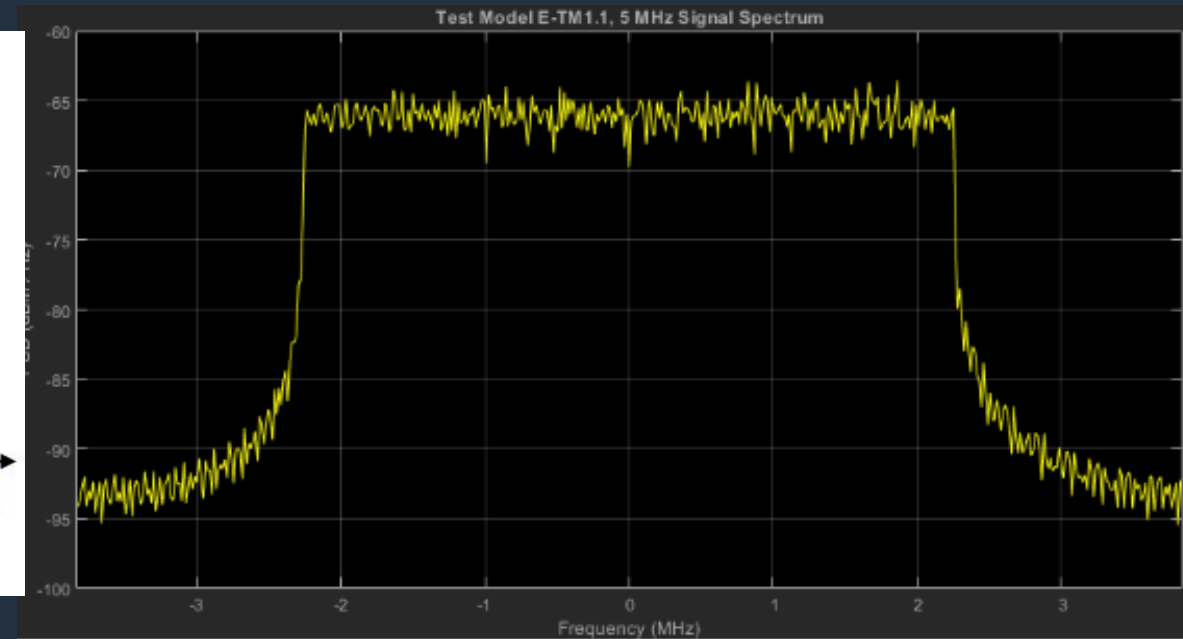
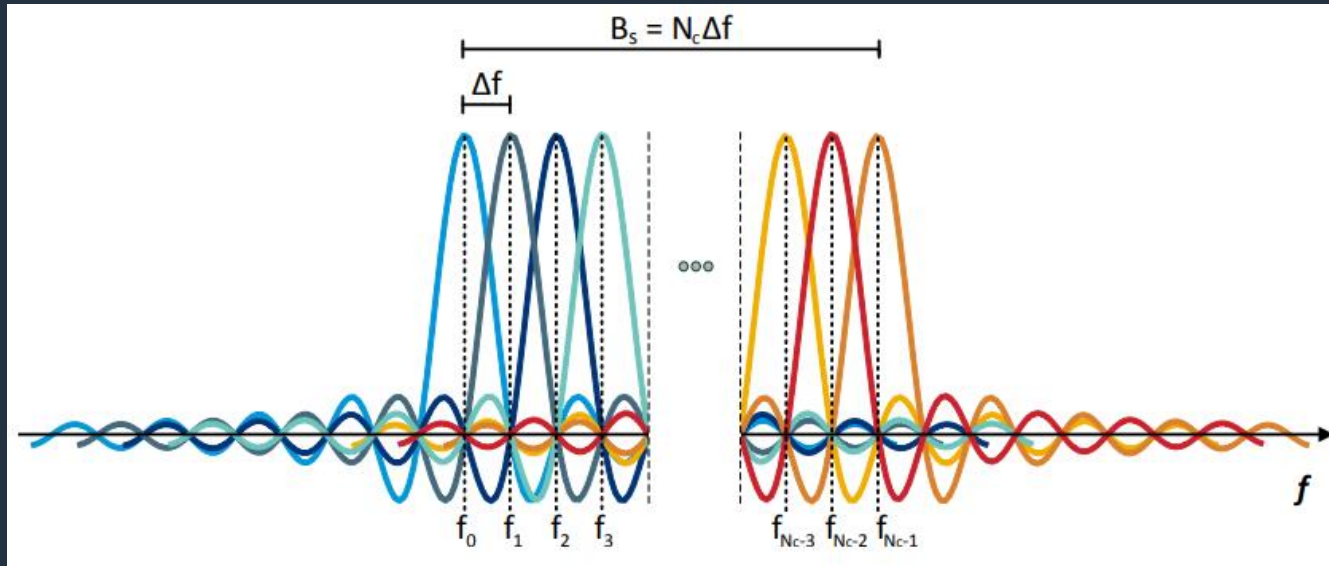
Vantagem de múltiplas sub-portadoras



Símbolos OFDM



O Canal Rádio OFDMA



Espaçamento entre sub-portadoras = 15 kHz (4G LTE)

A Largura de Banda de canal OFDM é 1.4 MHz, 3.0 MHz, 5.0 MHz, 10 MHz, 15 MHz ou 20 MHz

A Banda de Guarda total nas extremidades do canal OFDM equivale a 5% da Largura de Banda total

O resultado é um número máximo de 1200 sub-portadoras carregando informação em um canal de 20 MHz

O que aprendemos até aqui

Em 4G e 5G a tecnologia rádio utilizada é OFDMA – Orthogonal Frequency Division Multiple Access

OFDMA oferece extrema vantagem sobre outras tecnologias no quesito eficiência spectral

O canal rádio OFDMA usa um espaçamento básico entre sub-portadoras de 15 kHz para 4G e múltiplos desse valor para 5G (norma 3GPP)

O canal rádio OFDMA em 4G pode ter até 20 MHz de largura de banda (norma 3GPP)

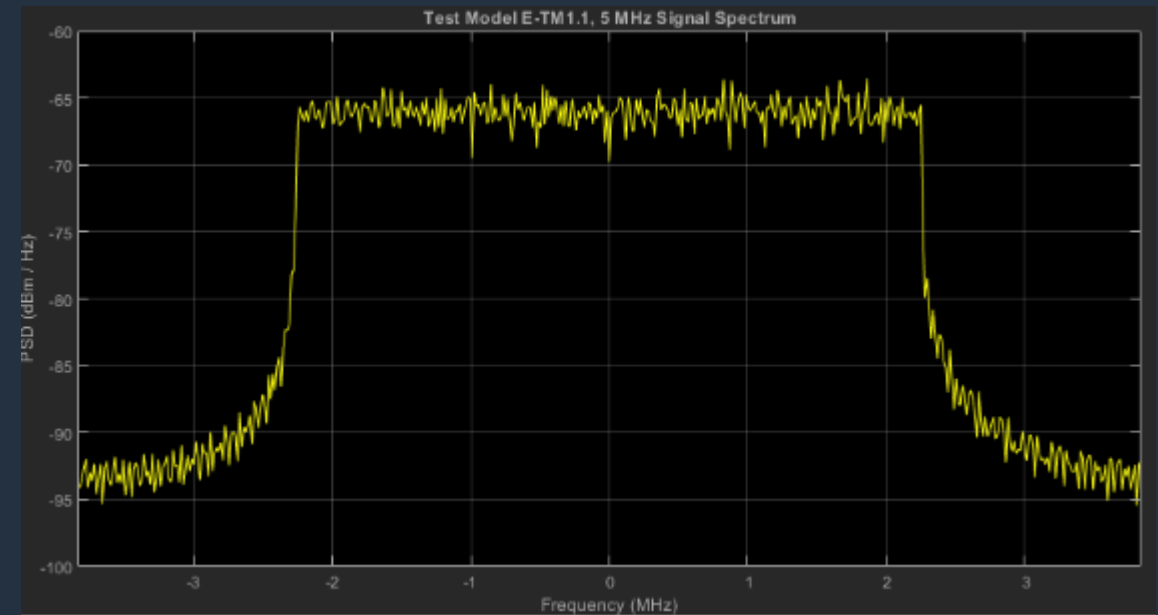
O canal rádio OFDMA em 5G pode ter até 400 MHz de largura de banda (norma 3GPP)

Se usarmos 15 kHz de espaçamento entre sub-portadoras, o tempo de símbolo OFDM resultante será de $1/T_s = 1/15\text{kHz} = 66.67$ micro segundos.

Vamos usar estes valores na próxima palestra para calcularmos velocidades de transmissão.

Próxima Apresentação – 3ª parte

- Modulação QPSK, 16QAM, 64QAM, 256QAM
- Codificação de Canal
- Velocidades de Transmissão
- Latência de Canal Rádio
- Sistemas MIMO de Múltiplas Antenas



Perguntas e Respostas



Muito Obrigado!

73 de N5GG

Colin

