

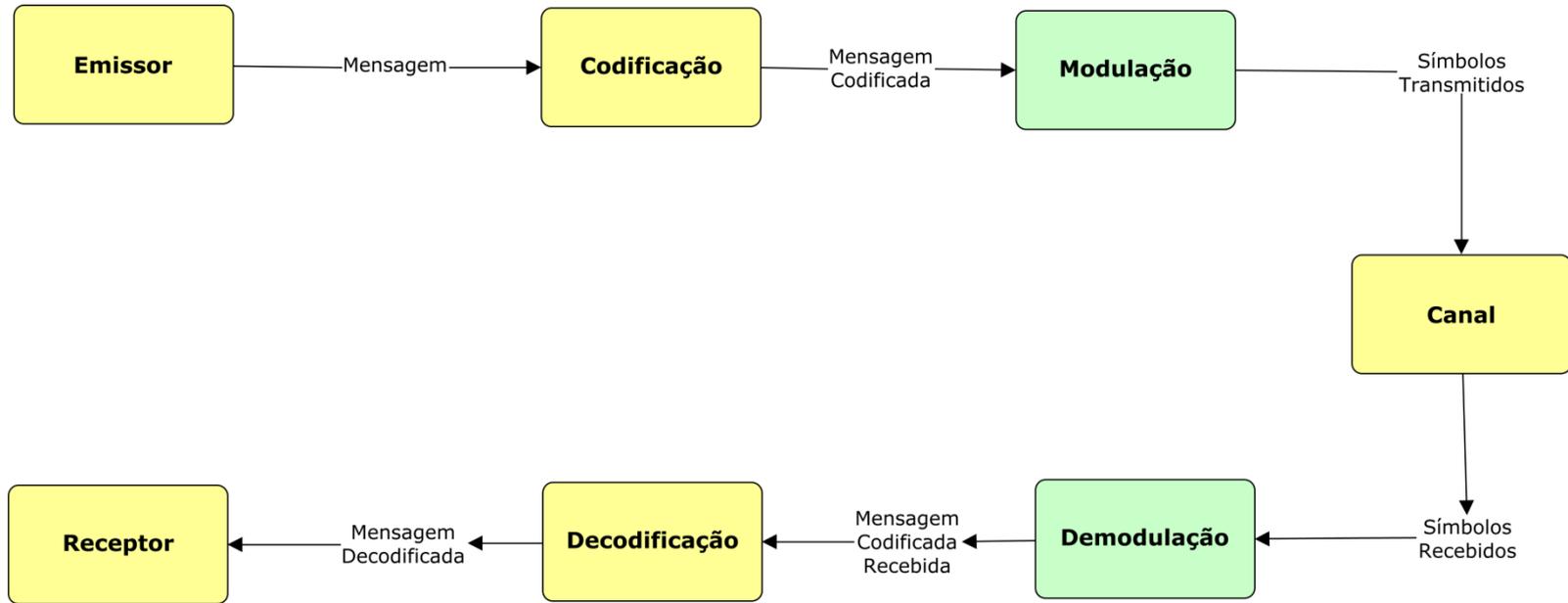
# PRINCÍPIOS de TELECOMUNICAÇÕES

PRT60806

AULA 15: INTRODUÇÃO À MODULAÇÃO  
PROFESSOR: BRUNO FONTANA DA SILVA  
2014



# BLOCO de comunicação Genérico



**MODEM** – Modulador e Demodulador

# UM PROBLEMA DE ELETROMAGNETISMO

- Ondas eletromagnéticas viajam pelo ar com uma velocidade aproximadamente igual a da luz.
- O comprimento de onda (distância que ela “percorre” em um período de tempo) uma onda eletromagnética periódica é inversamente proporcional à sua frequência, dado pela equação:

$$\text{compr. de onda} = \frac{\text{velocidade da onda}}{\text{frequência da onda}}$$

$$\lambda = \frac{v}{f} \quad \left[ \frac{\text{m/s}}{\text{Hz}} \right]$$

# UM PROBLEMA DE ELETROMAGNETISMO

- O tamanho de antenas eletromagnéticas é da mesma ordem que os comprimentos de onda ( $0.5 \lambda$ , por exemplo).
- Qual seria o comprimento de uma antena  $0.5 \lambda$  para transmitir um sinal de  $f=1$  kHz? Assuma velocidade da luz,  $v=3 \times 10^8$  m/s.

$$\lambda = \frac{v}{f} \quad \left[ \frac{\text{m/s}}{\text{Hz}} \right]$$

# UM PROBLEMA DE COMUNICAÇÃO:

- Considere um  **sinal trapezoidal**  de  **1 kHz** . Analisando o sinal na frequência, ele ocupa uma banda aproximada de  **20 kHz**  (assumindo que a última harmônica relevante é a  **21<sup>a</sup>**  ).
- Como transmitir essa onda trapezoidal por um  **canal passa-bandas**  que permite apenas a passagem de sinais de alta frequência (entre  **100 e 200 kHz** , por exemplo)?

# Objetivos da Modulação

- **Transmitir um sinal de informação**, que possui uma largura de banda  $B_s$ , através de um **canal de comunicação** (entenda como um filtro) que possui uma largura de banda  $B_c$ .
  - **Receber e recuperar a informação** com segurança e de forma prática e eficiente.
- \* O canal pode ser visto genericamente como um filtro passa-banda(s). A banda do canal  $B_c$  nem sempre é a mesma do sinal a ser transmitido.

sinais e canais de banda base e banda passante

# CONCEITOS BÁSICOS



# Canais de Banda Base

- São **canais de comunicação** que possuem o **comportamento de um filtro passa-baixas**.
- **Exemplos:**
  - **condutores comuns (não-filtrados)**
  - **cabos seriais**

# Sinais em Banda Base

- São sinais **compostos por componentes de baixa frequência** (relativamente próximas de zero).
- A maior frequência de um sinal em banda base define a **largura de banda do sinal banda base**.

# Canais de Banda Passante

- São **canais de comunicação** que possuem o **comportamento de um filtro passa-banda(s)**.
- **Exemplos:**
  - **canais de comunicação móvel**
  - **cabos com filtros passa-banda nos terminais**
  - **rede telefônica**

# Sinais em Banda Passante

- Muitos sinais importantes em comunicações são do tipo banda-base (bitstreams, sinais de voz e áudio em geral, sinais de baixa frequência com valor DC).
- Muitos dos canais de comunicação são banda-passante (canais móveis, de rádio).
- Para poder transmitir sinais banda-base por canais de banda passante, **precisamos deslocá-los no espectro de frequências.**

Quando isso acontece, dizemos que o sinal está em banda passante.

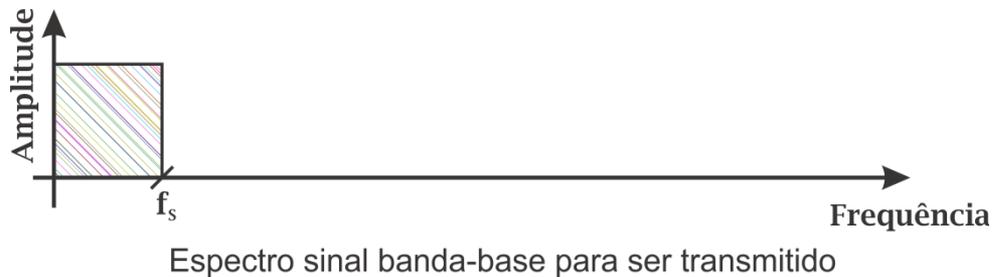
Introdução, definição, portadora e modulante

# MODULAÇÕES

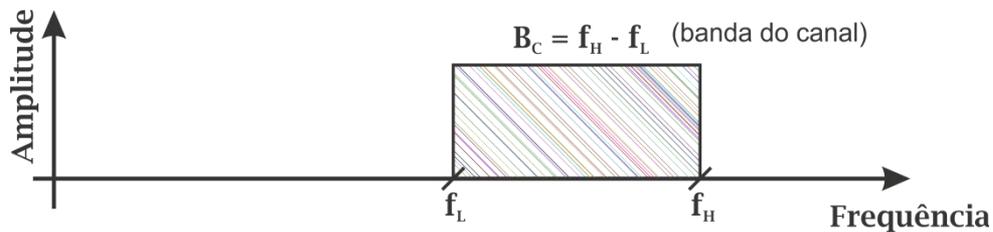


# MODULAÇÃO

Seja um canal de comunicação (filtro) com a seguinte resposta em frequência:



Desejamos transmitir um sinal que possui a seguinte banda:



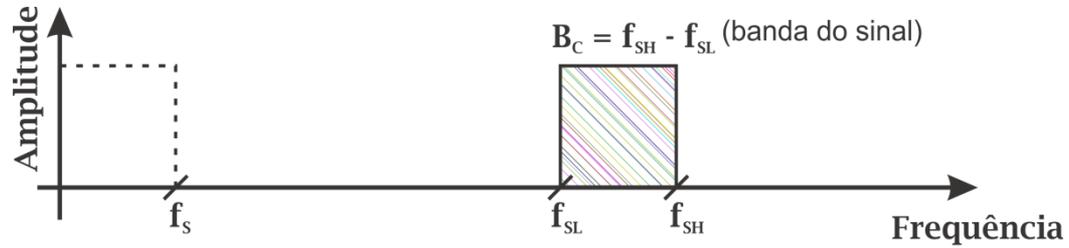
Canal banda-passante

# MODULAÇÃO

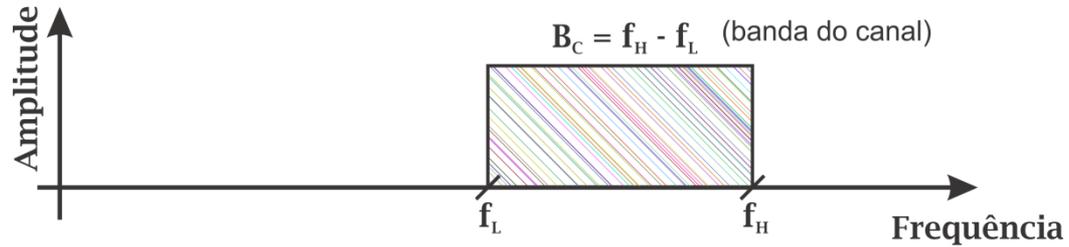
**A modulação é o processo de representar o sinal dentro da banda passante do canal.**

**A forma mais simples é apenas “deslocar” o sinal no espectro de frequências (mantendo, por exemplo, a relação de amplitudes entre harmônicas e mantendo suas respectivas fases), para que ele seja representado na banda-passante do canal/filtro.**

# modulação



Espectro (deslocado) do sinal banda-base para ser transmitido



Canal banda-passante

# modulação

## Definição:

Modulação é o processo de variar uma ou mais propriedades de uma forma de onda periódica (portadora, de alta frequência) com um sinal modulante que tipicamente contém informação para ser transmitida por um canal de comunicação de banda limitada.

# PORTADORA

- Para transportar o espectro de sinais da banda-base para a banda passante e transmití-los, necessitamos de sinais cossenoidais conhecidos como **ondas portadoras**.
- A frequência das ondas portadoras é chamada de **frequência da portadora**. Essa frequência deve estar dentro (geralmente no centro) da banda do canal.

# MODULANTE

- O sinal que será transmitido altera algumas propriedades da portadora, para distorcê-la de forma que o receptor consiga detectar o sinal que foi transmitido.
- Por isso, esse sinal é chamado de **onda modulante**. O sinal modulante é a informação que deve ser transmitida, a qual altera os parâmetros da portadora para entrar em banda passante.
- No caso de sinais periódicos, a frequência fundamental do sinal modulante é chamada de **frequência da modulante**.

# TiPOS de modulação

Quando o sinal a ser transmitido é de natureza analógica, normalmente utiliza uma técnica de **modulação analógica**.

Quando o sinal a ser transmitido é de natureza digital, normalmente utiliza-se uma técnica de **modulação digital**.

# TiPOS de modulação

Existem diferentes tipos de **modulação analógica**:

- modulação em amplitude (AM)
- modulação em frequência (FM)
- modulação por fase (PM)

# TIPOS de modulação

Existem diferentes tipos de **modulação digital**:

- modulação em amplitude (ASK)
- modulação de fase (PSK)
- modulação em frequência (FSK)

# TIPOS de MODULAÇÃO

Tanto em modulação analógica quanto digital, pode-se combinar mais de um tipo de modulação de parâmetros.

Um exemplo é a **modulação QAM**, a qual varia os parâmetros de **Amplitude e Fase** da portadora.

Alguns sistemas combinam diferentes modulações para diferentes canais passa-banda, como por exemplo a **modulação OFDM**, que transmite sinais digitais por vários canais paralelos na frequência.