



**Engenharia de Comunicações**

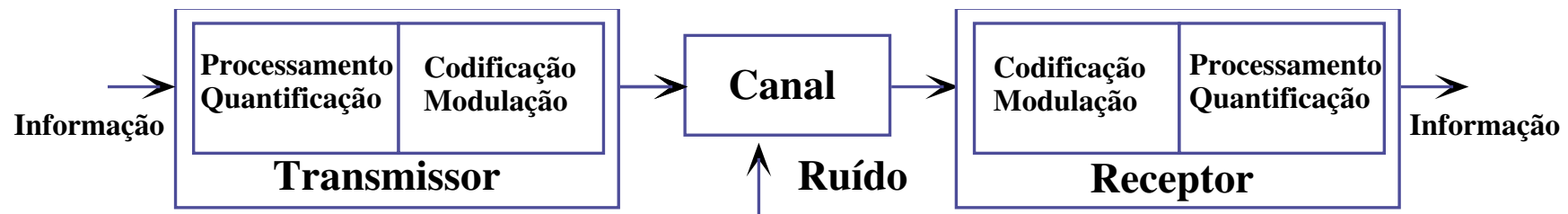
*3º Ano, 1º Semestre*

**Codificação e Transmissão**

*1ª Aula*

## Componentes do Sistema de Transmissão

### Efeito do Ruído



### Sistemas Analógicos

Relação Sinal Ruído  
na Recepção  $(\frac{S}{R})_r$

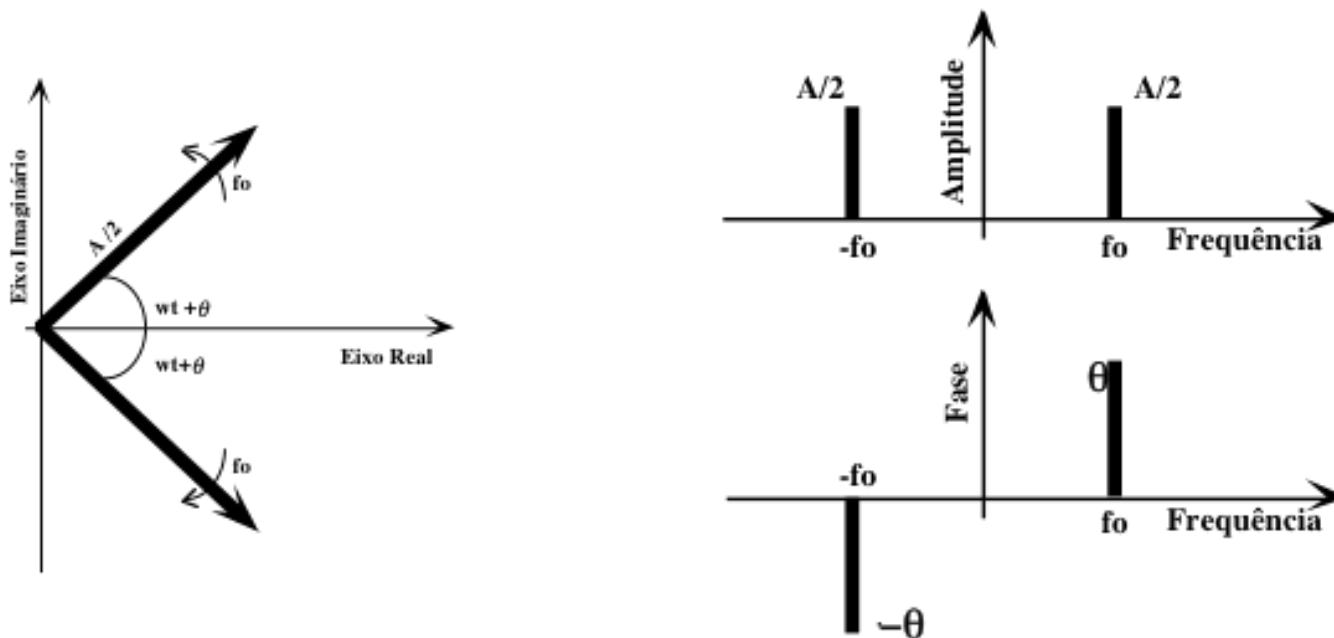
### Sistemas Digitais

Variação do relógio  
Erros na Informação

## Análise Espectral dos Sinais

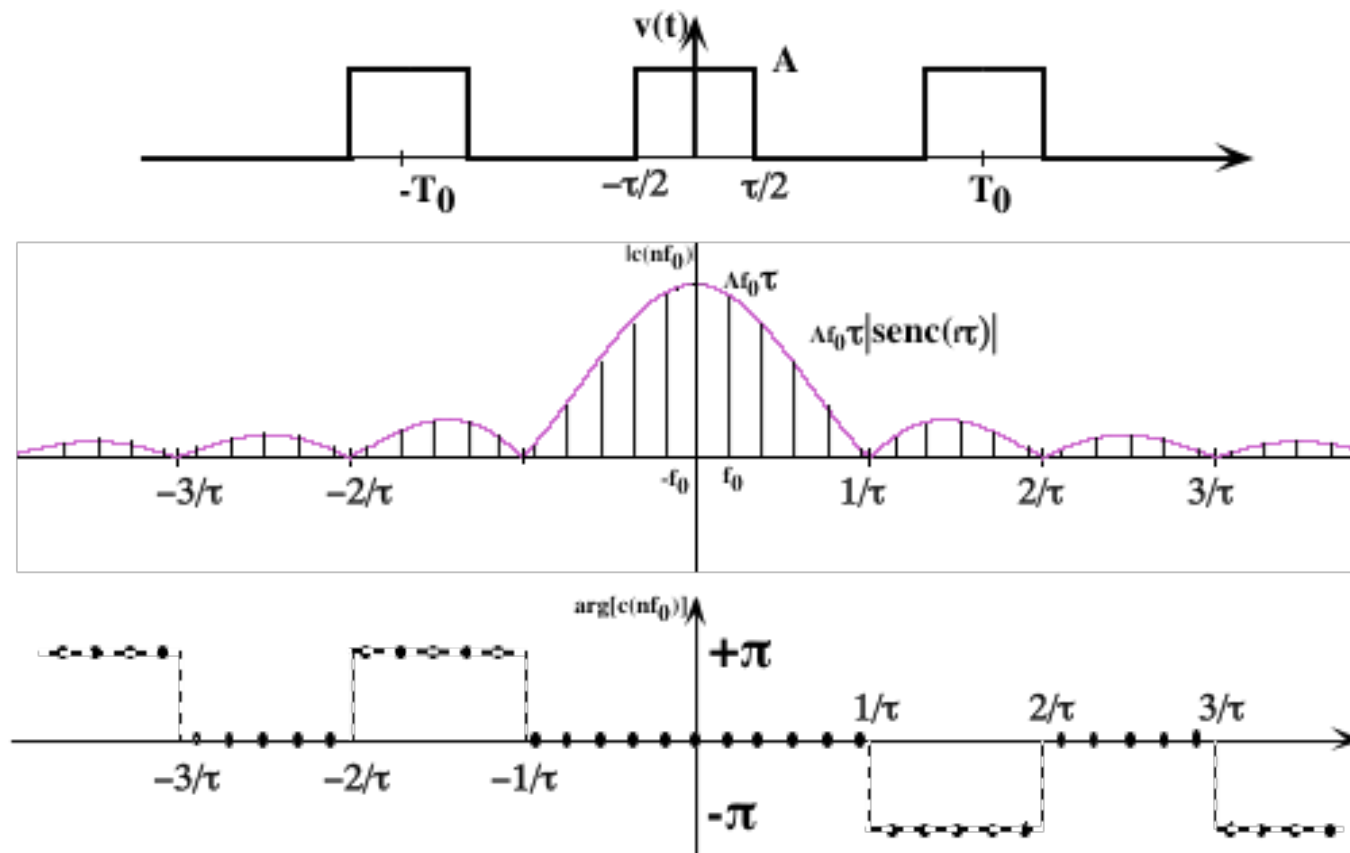
### Sinais Analógicos

$$v(t) = A \cos(\omega t + \theta) = \frac{A}{2}(e^{j(2\pi f_0 t + \theta)} + e^{-j(2\pi f_0 t + \theta)})$$

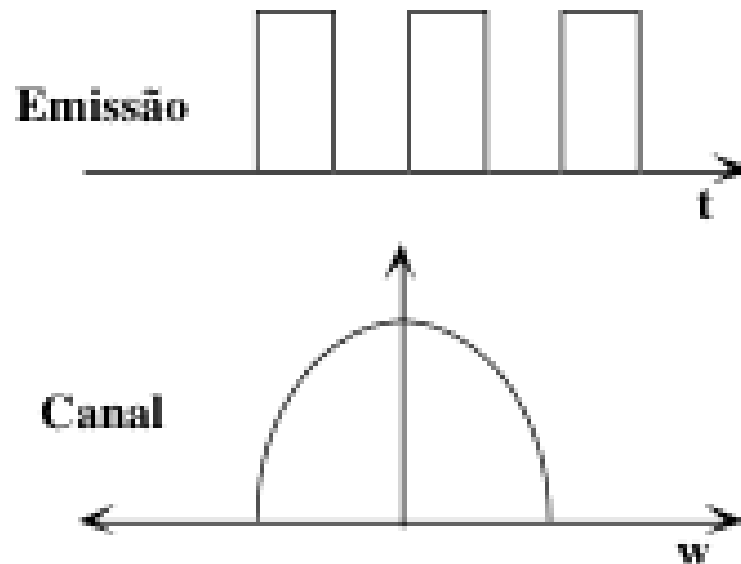


## Análise espectral dos Sinais

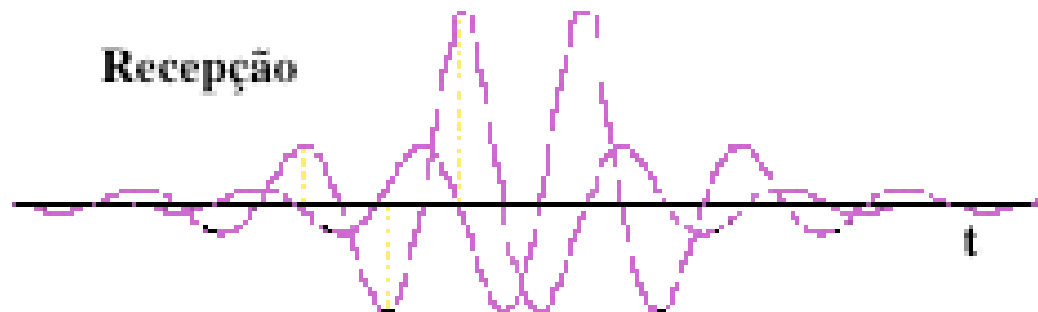
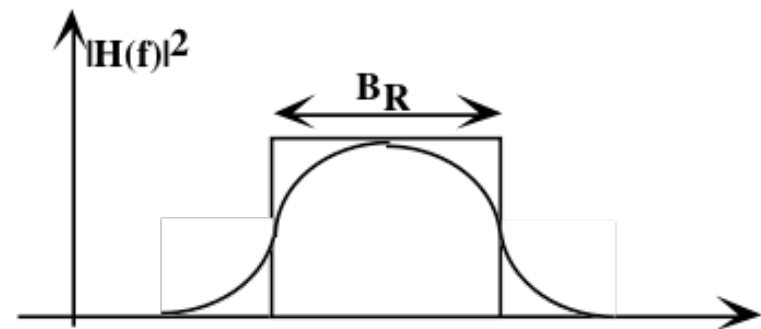
### Sinais Digitais



## Canal de Transmissão



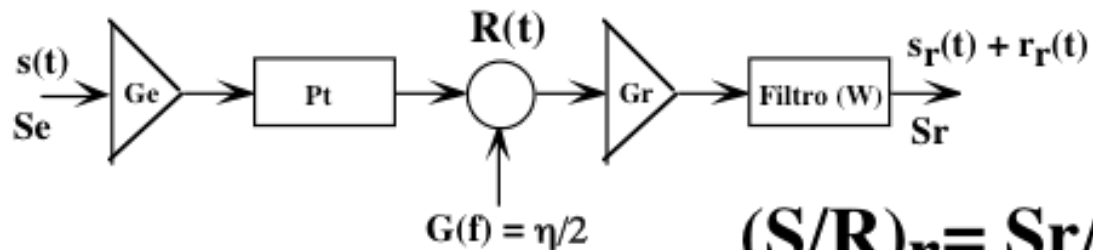
Largura de Banda



## Relação Sinal Ruído

### Capacidade de Transmissão

$$C_t = B_t \log\left(1 + \frac{S}{R}\right)$$



$$(S/R)_r = Sr/\eta\omega$$

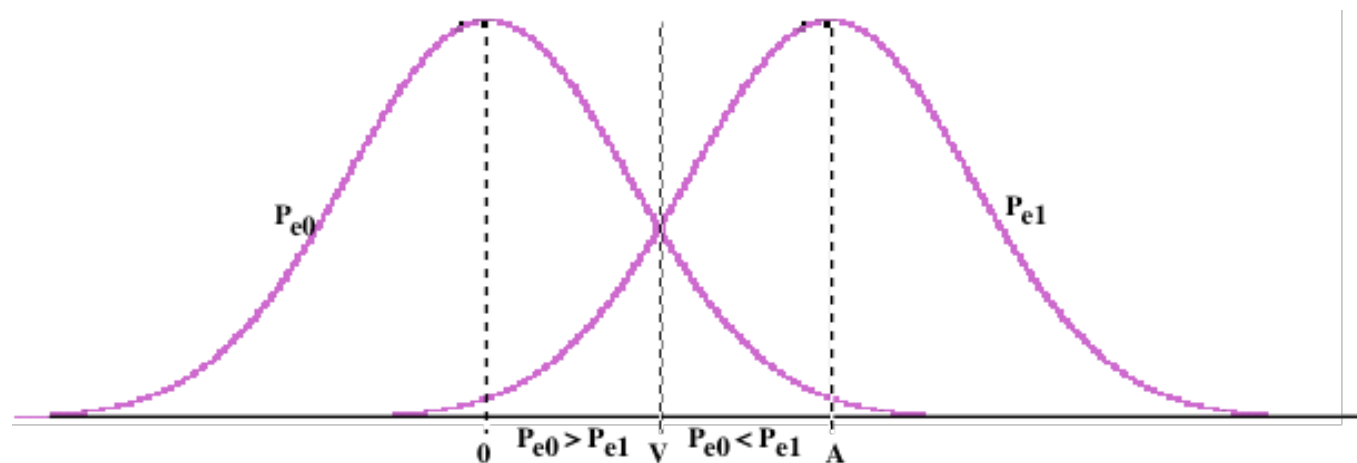
$$(S/R)_r = SeGe/Pt\eta\omega$$

## Relação Sinal Ruído

**Probabilidade de Erro**

$0 \Rightarrow 0$   
 $1 \Rightarrow A$

$\Rightarrow (\frac{A}{2\sigma})^2 = (\frac{S}{R})_r$

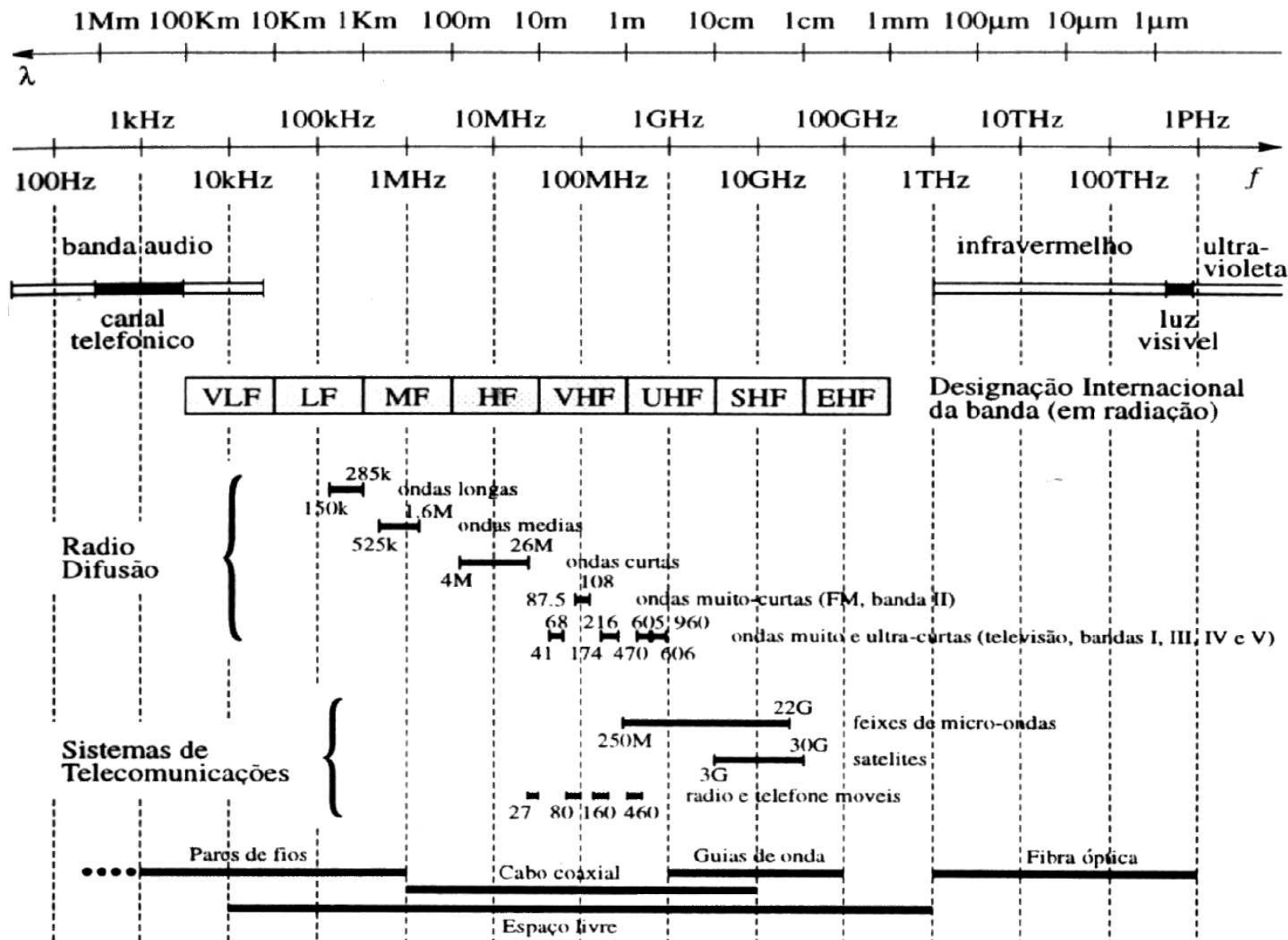


$$P_e = P_0 P_{e0} + P_1 P_{e1}$$

$$P_{e0} = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \int_V^{+\infty} e^{-\frac{y^2}{2\sigma^2}} dy = Q\left(\frac{V}{\sigma}\right) \quad P_{e1} = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \int_{-\infty}^V e^{-\frac{(y-A)^2}{2\sigma^2}} dy = Q\left(\frac{A-V}{\sigma}\right)$$

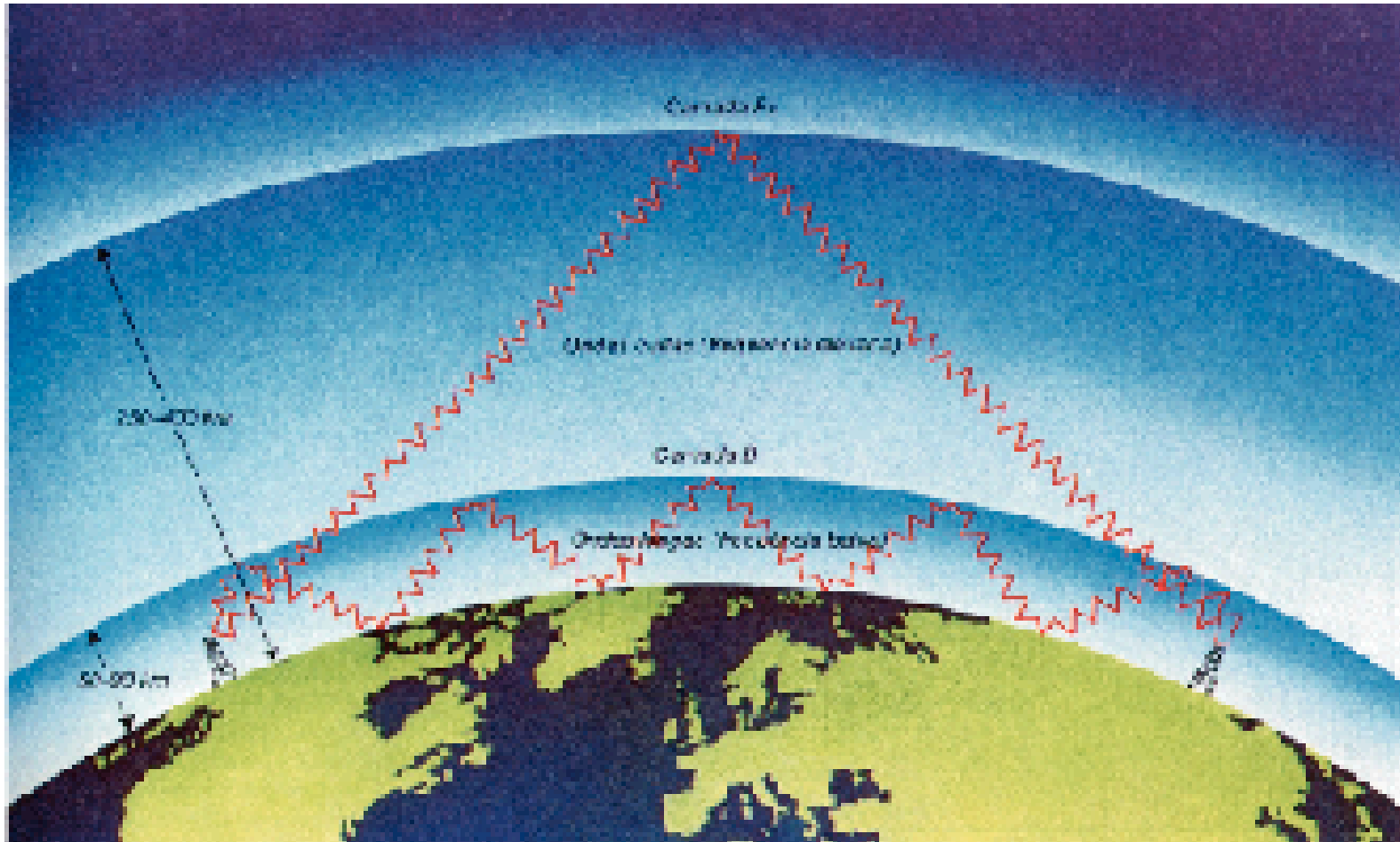
Se  $P_0 = P_1$ , então  $P_e = \frac{1}{2}(P_{e0} + P_{e1}) = Q\left(\frac{A}{2\sigma}\right)$

## Espectro Electromagnético

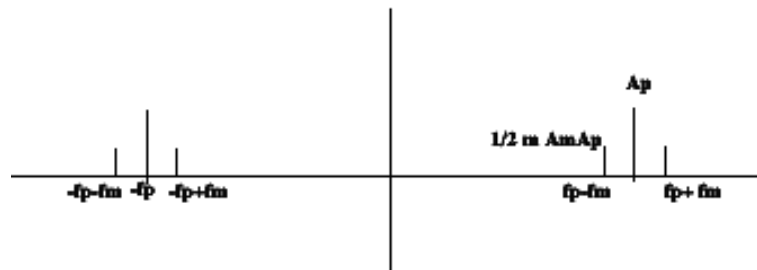




## Reflexão na Atmosfera

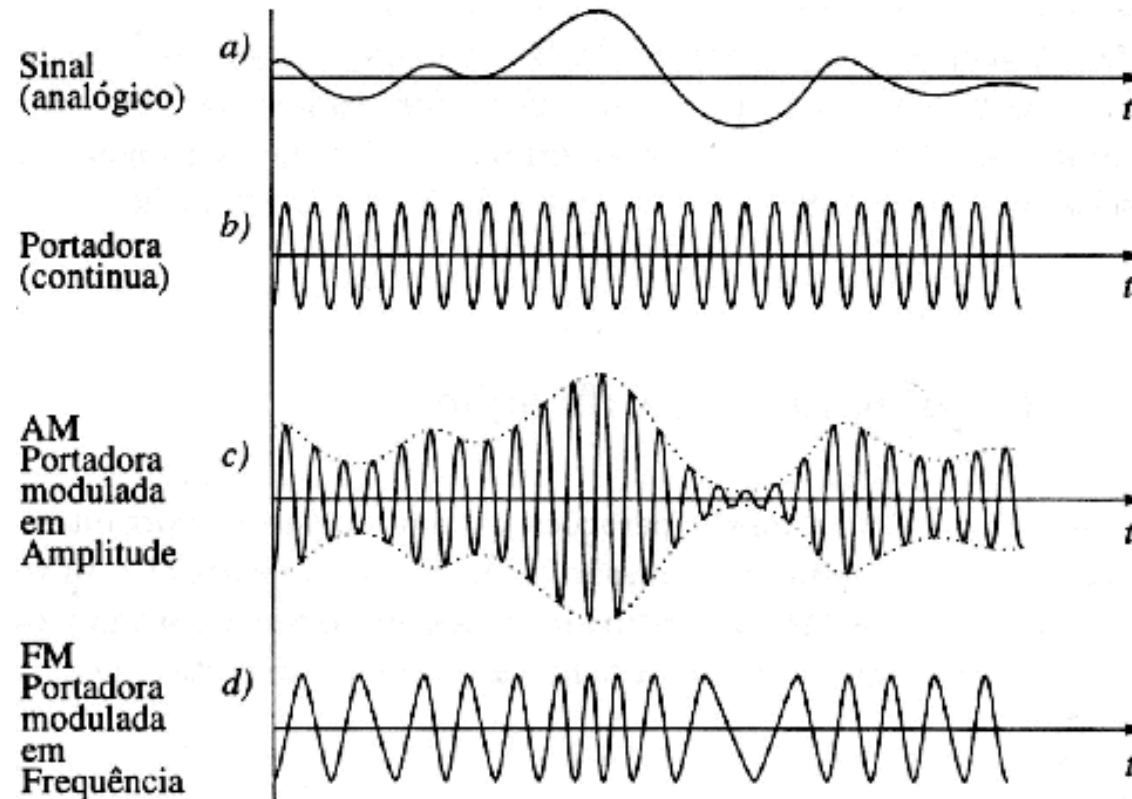


## Modulações Analógicas



### Sinais Analógicos

*Rádio e Televisão*

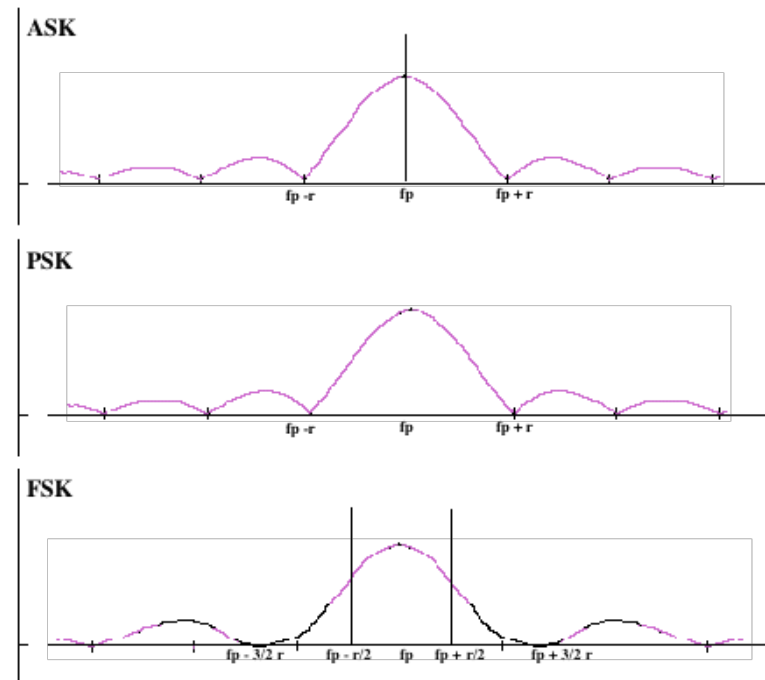
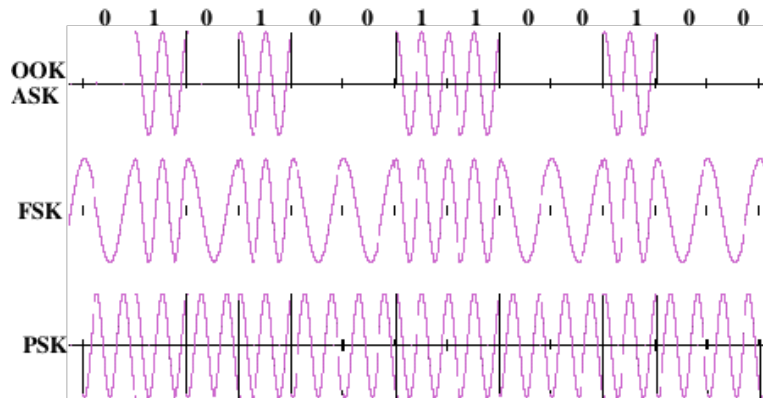


## Modulações Analógicas

- ★ ASK - Modulação em Amplitude
- ★ FSK - Modulação em Frequência
- ★ PSK - Modulação em Fase

## Sinais Digitais

*MODEMs*



## Modulações Analógicas

### Modulação Multi-Simbólica

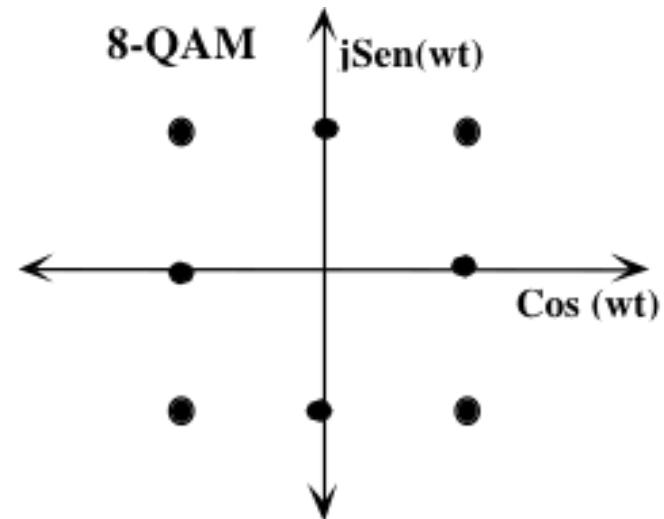
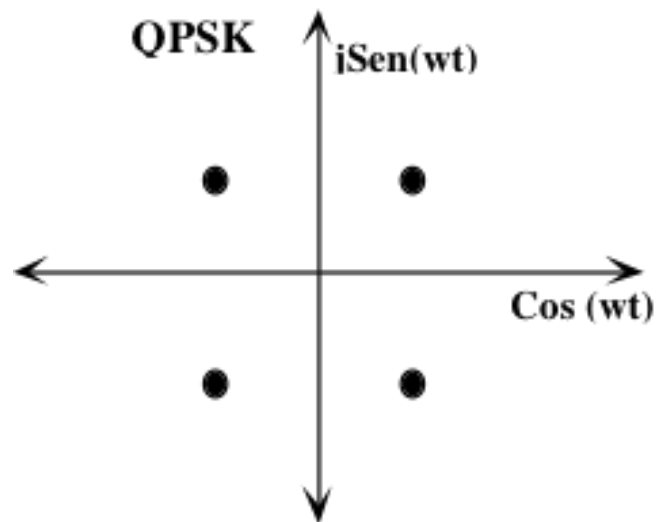
M-QAM - Modulação de Amplitude Quadratura

M-QPSK - Modulação de Fase em Quadratura

### Sinais Digitais

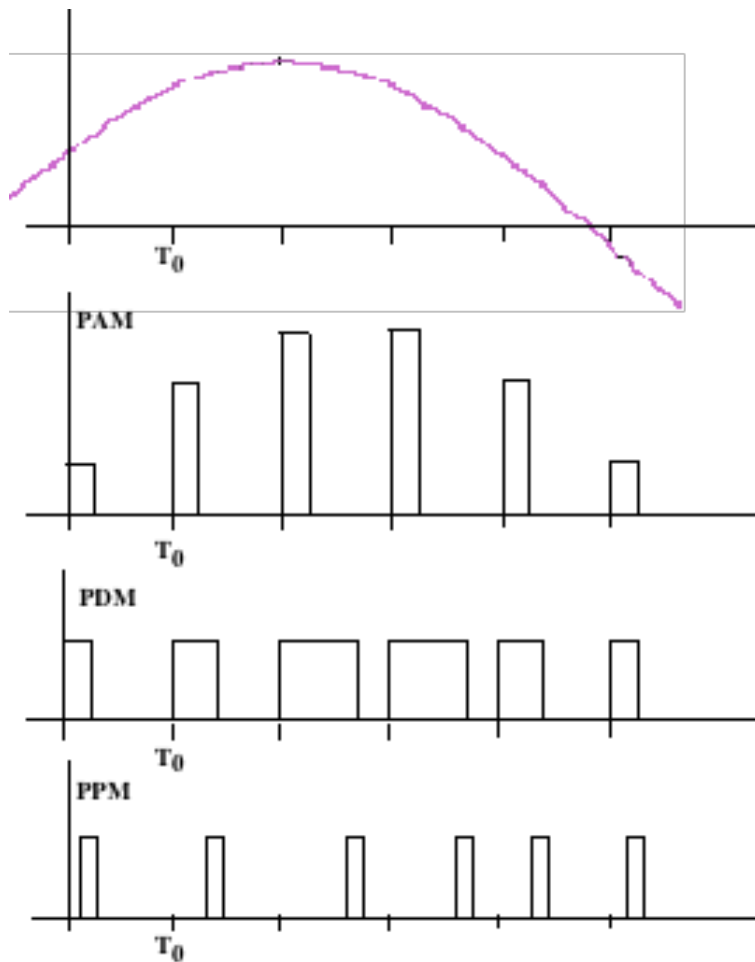
*MODEMs: ADSL, Cabo*

- ★  $r = \log_2 M$  bits transmitidos de uma só vez!
- ★ Taxa de transmissão aumenta  $r$  vezes!



## Modulações de Impluso

### ★ Conversão Analógico-Digital



### Sinais Analógicos

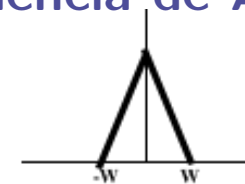
PAM - Modulação da Amplitude de Impulso

PDM - Modulação da Duração de Impulso

PPM - Modulação da Posição de Impulso

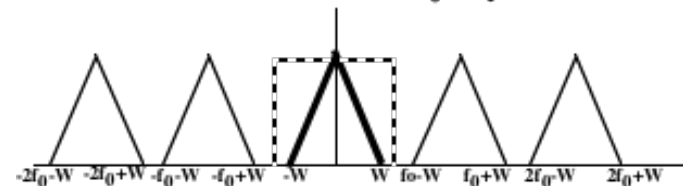
### Frequência de Amostragem

$$f_0 \geq 2W$$



### Débito

$$D = n f_0$$



### Número (n) de Bits por Amostra

$$\left(\frac{S}{R}\right)_{dB} < 4.8 + 6.0n$$

## Espalhamento Espectral

### Saltos de Frequência - FH

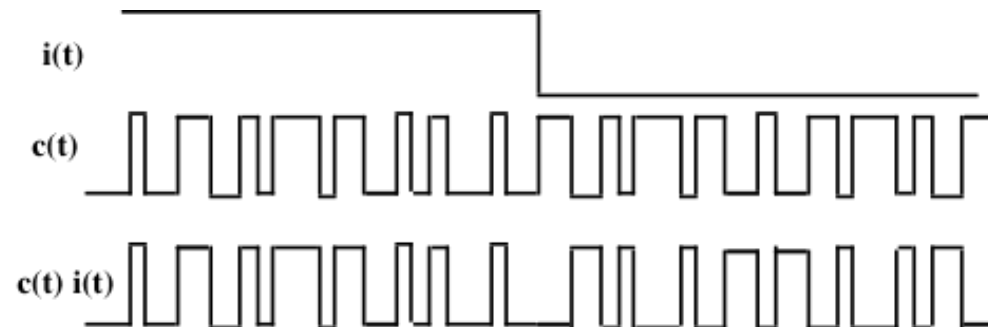
$$v_{fh}(t) = i(t) A_m \cos(2\pi k(t) f_o t)$$

### Sequência Directa - DS

$$v_{ds}(t) = c(t) i(t) A_m \cos(w_o t)$$

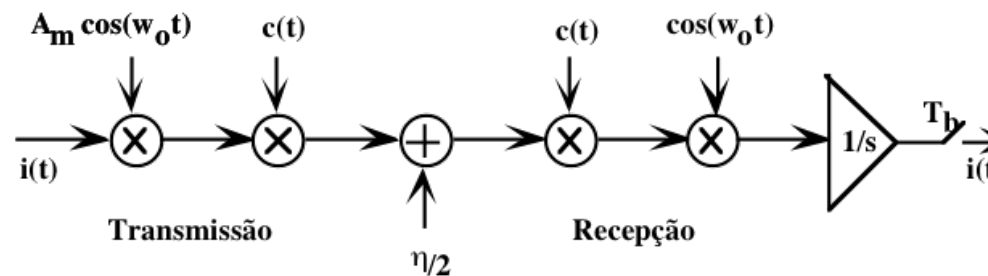
$i(t)$  - Sequência binária ( $f_b = \frac{1}{T_b}$ ) de Informação  
 $c(t)$  - Sequência ( $f_c = \frac{1}{T_c}$ ) pseudo-aleatória ( $\pm 1$ )

Sinais Digitais



★ Telemóveis

★ Ethernet sem Fios



## Concentração e Comutação

### Multiplexagem

- ★ FDM - Por Divisão de Frequência
- ★ TDM - Por Divisão do Tempo
- ★ WDM - Por Divisão do Comprimento de Onda
- ★ CDM - Por Divisão do Código

### MAC - Controlo de Acesso ao Meio

- ★ FDMA - Acesso Múltiplo por Divisão de Frequência
- ★ TDMA - Acesso Múltiplo por Divisão do Tempo
- ★ WDMA - Acesso Múltiplo por Divisão do Comprimento de Onda
- ★ CDMA - Acesso Múltiplo por Divisão do Código