

SIMON HAYKIN  
MICHAEL MOHER

# Sistemas de Comunicação

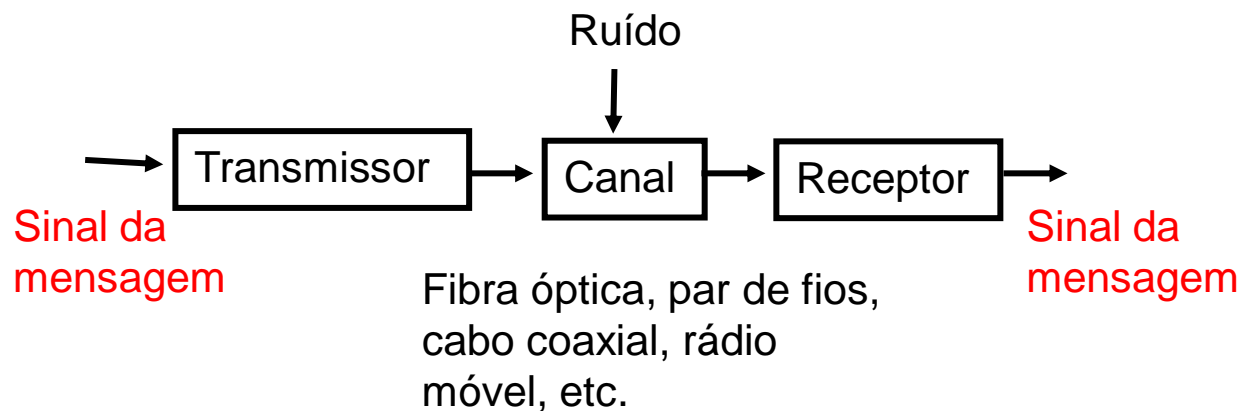
QUINTA EDIÇÃO



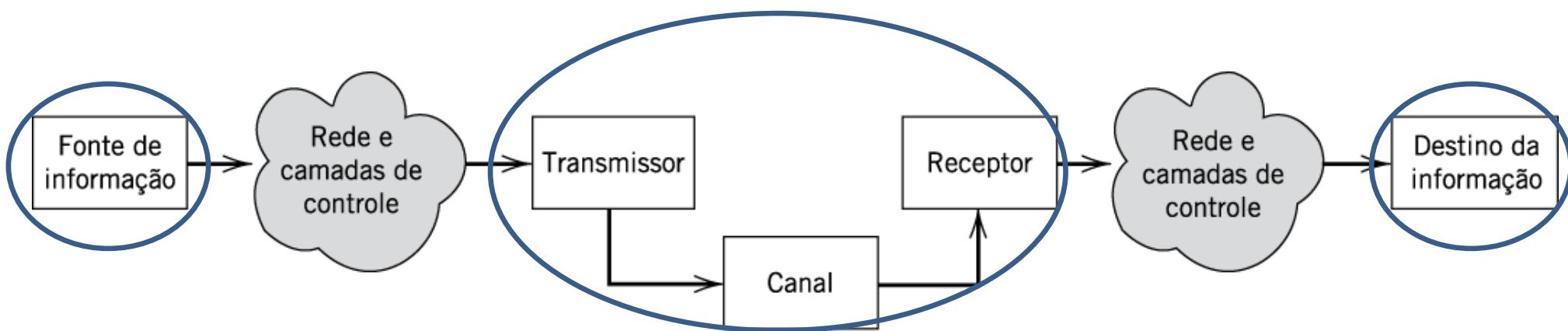


## COMO UM SISTEMA DE COMUNICAÇÃO É ORGANIZADO?

### TRANSMISSÃO DE SINAIS



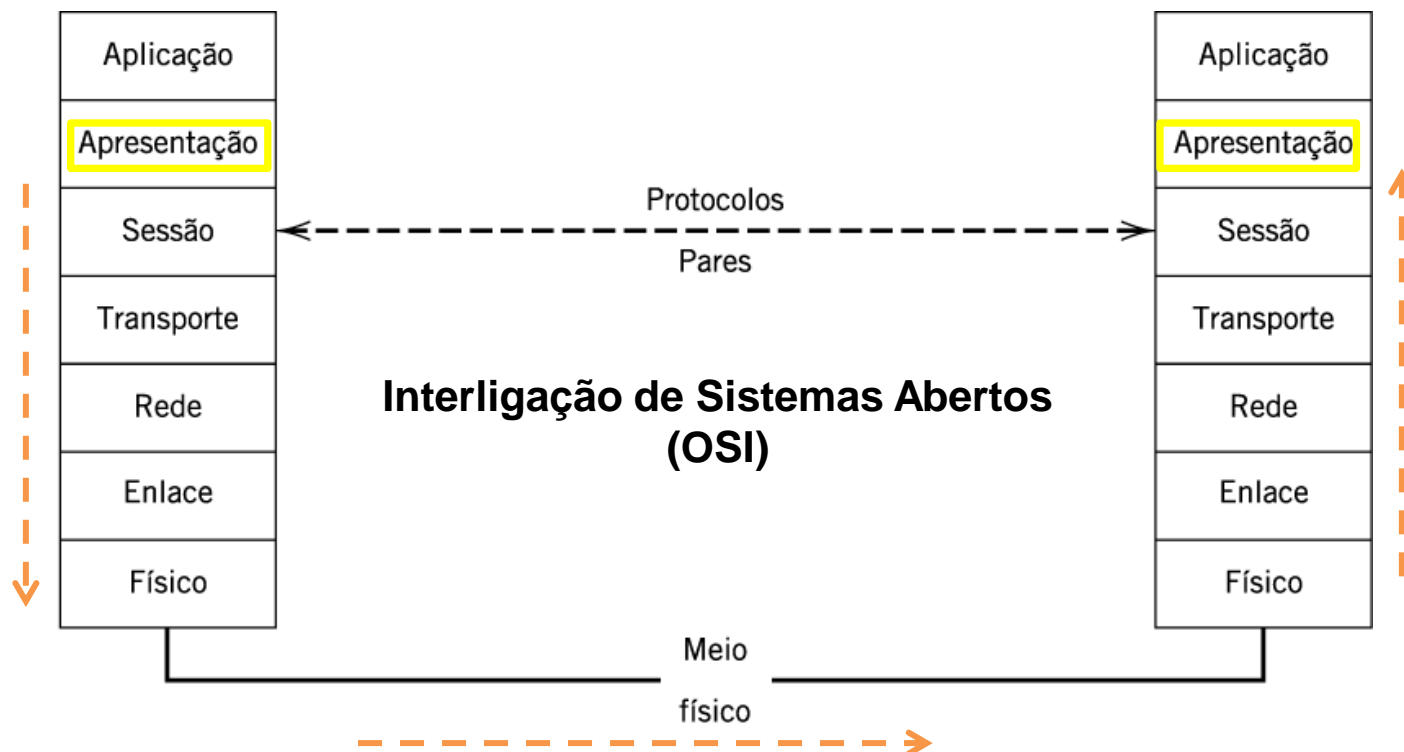
## COMO UM SISTEMA DE COMUNICAÇÃO É ORGANIZADO?



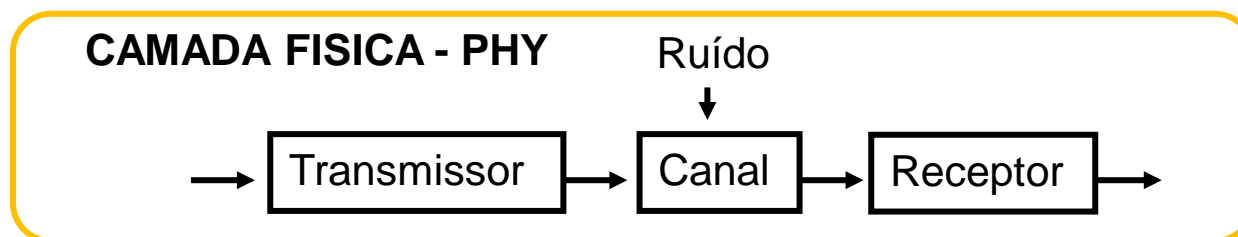
**Figura 1.1** Elementos de um sistema de comunicação.

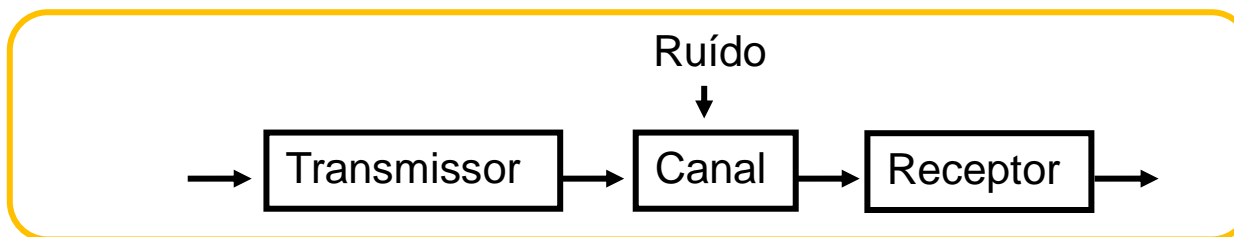
- ❑ **Rede e camadas de controle** – Permitem que sistemas com um grande número de transmissores e receptores que compartilham um mesmo meio físico.

## ABORDAGEM POR CAMADAS

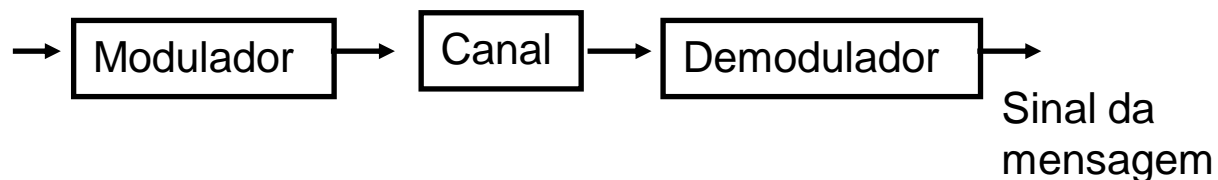


**Figura 1.2** Processos pares no modelo OSI de sete camadas para redes de computadores.

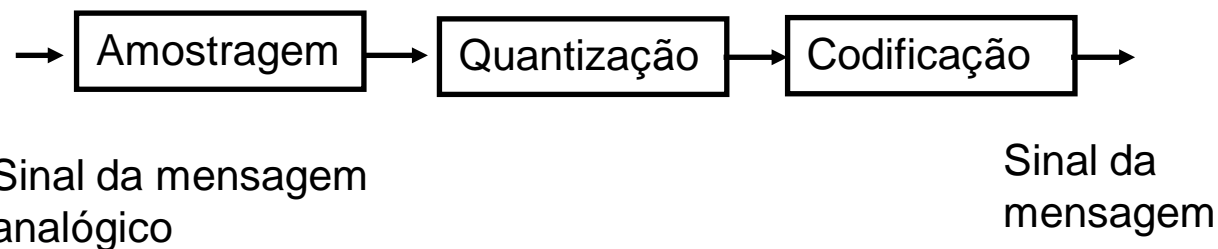




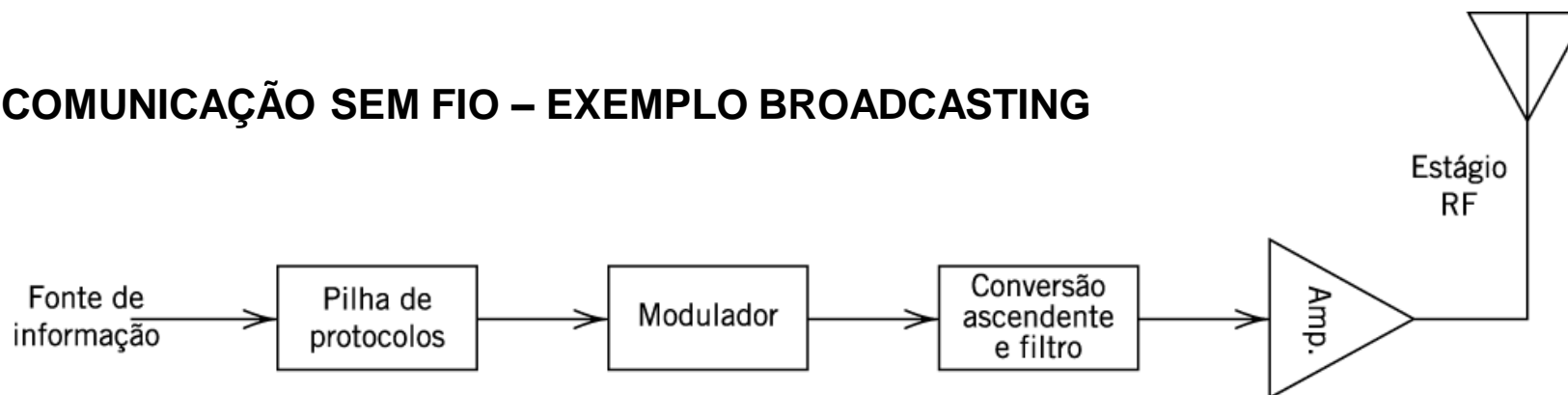
### Sistema de comunicação analógico



### Sistema de comunicação digital



## COMUNICAÇÃO SEM FIO – EXEMPLO BROADCASTING



**Figura 1.3** Ilustração dos componentes básicos de um transmissor de rádio.

**Pilhas de protocolos** – empacotas os dados para que eles possam chegar ao destino.

**Modulação** - é o processo que converte o sinal da mensagem para uma forma que seja compatível com as características de transmissão do canal.

**Conversão ascendente e filtro** - sinal modulado é convertido para a radiofrequência RF final, na qual será transmitido.

**Estágio de RF** – O sinal é amplificado a um nível de potência apropriado e emitido.

- **Miliwatt** – rádio de curto alcance
- **Megawatt** – irradiada por alguns transmissores de televisão



## Tipos de canais

- Canal de fio
- Canal de rádio
- Canal de fibra óptica

### ○ Propriedades dos canais de comunicação

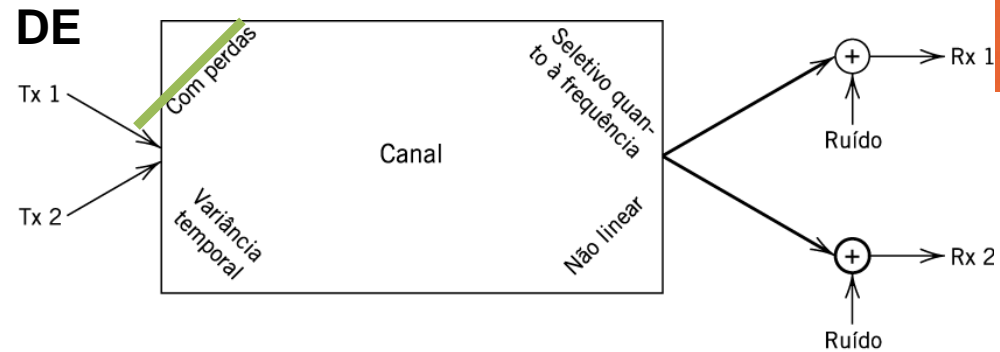
- Atenuação
- Largura de banda
- Retardo

### ○ Distúrbios nos canais de comunicações

- Ruído elétrico
- Distorção do sinal
- Sinais interferentes ou espúrios

# PROPRIEDADES DOS CANAIS DE

**Atenuação** - perda de energia ao se propagar no canal de comunicação.



**Figura 1.4** Ilustração das anomalias do canal.

MEDEIROS, J. C. O. *Princípios de telecomunicações – Teoria e prática*, Editora: Érica – 1ª. edição 2004.



Atenuação da onda devido ao espaço livre

$$L_{fs} = \left( \frac{\lambda}{4\pi d} \right)^2 \text{ adimensional}$$

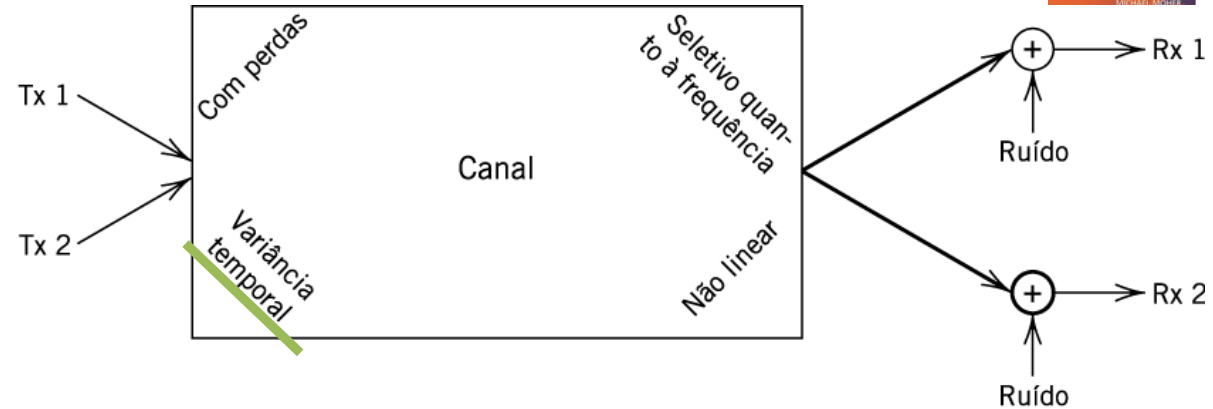
$L_{fs}$  atenuação do espaço livre;  
 $\lambda$  comprimento da onda do enlace em [m];  
 $d$  distância percorrida pela onda em [m].

$$L_{fs} (dB) = 20 \log \left( \frac{\lambda}{4\pi d} \right) \text{ dB}$$



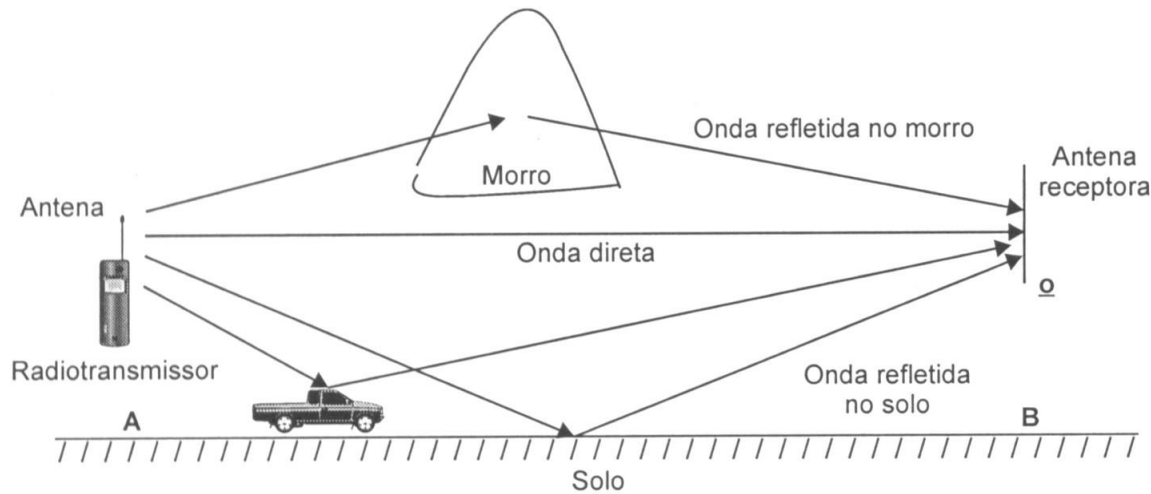
## Alguns canais são variantes no tempo

Distúrbios específicos do canal de rádio, pois pode depender de característica do relevo, etc.

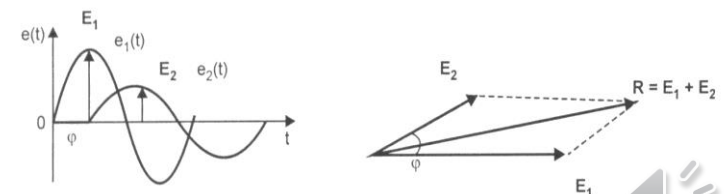


**Figura 1.4** Ilustração das anomalias do canal.

**Ondas multipercurso** – A energia irradiada pela antena transmissora forma uma onda direta o restante da energia se dispersa.



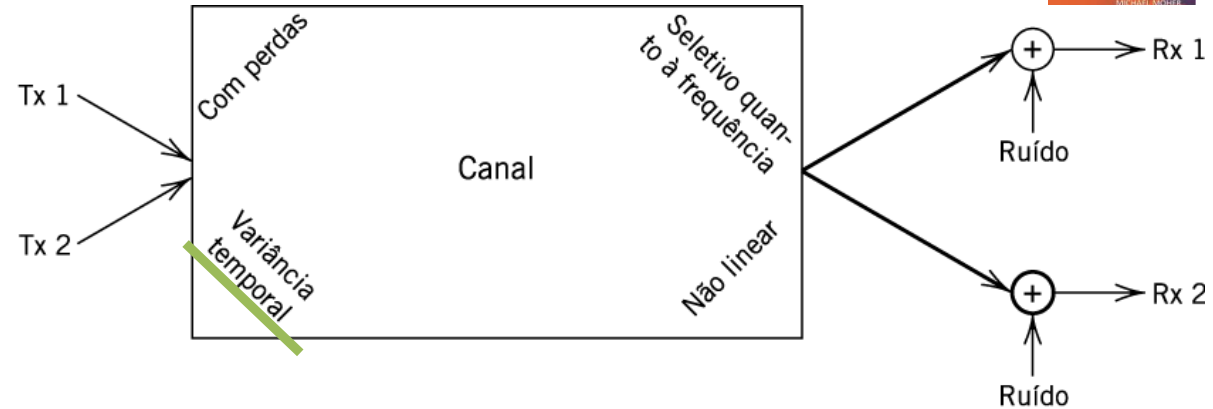
**Figura 3.4** - Ondas de múltiplos percursos.



**Figura 3.5** - Soma vetorial instantânea de dois sinais senoidais de mesma frequência, com diferentes amplitudes e defasados de  $\phi$ .

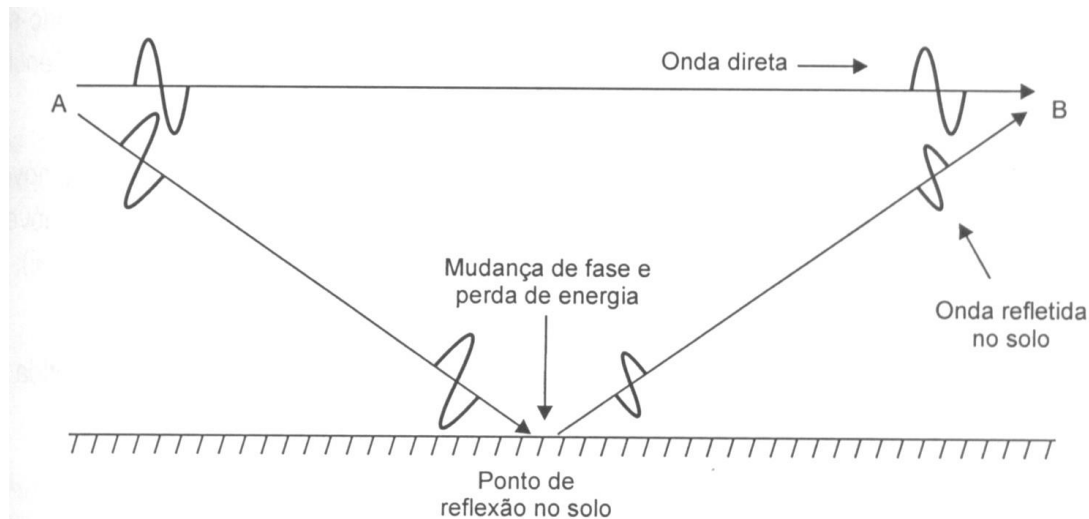
## Alguns canais são variantes no tempo

Distúrbios específicos do canal de rádio, pois pode depender de característica do relevo, etc.



**Figura 1.4** Ilustração das anomalias do canal.

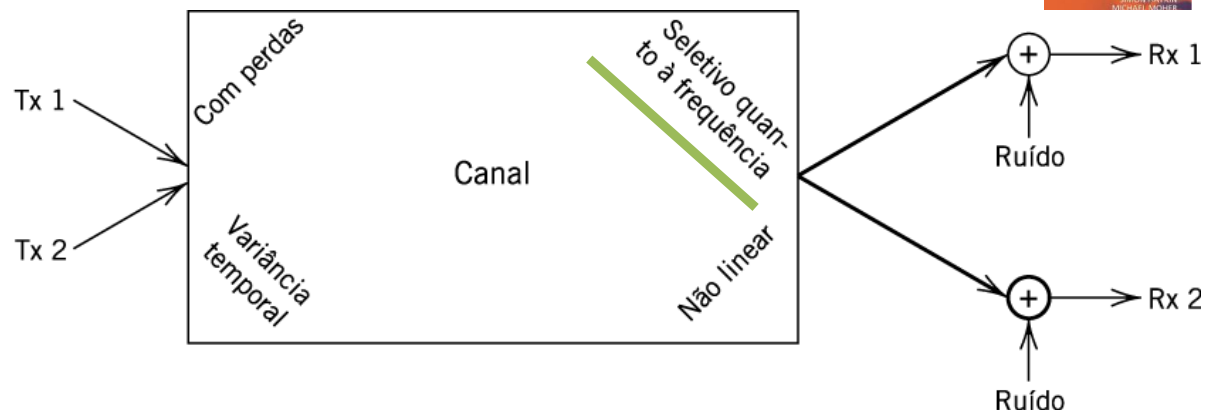
**Desvanecimento** – Quando o sinal recebido flutua, varia de intensidade



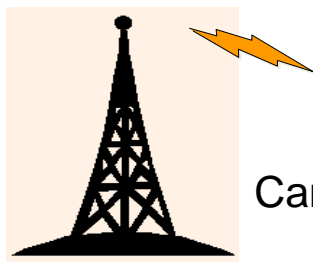
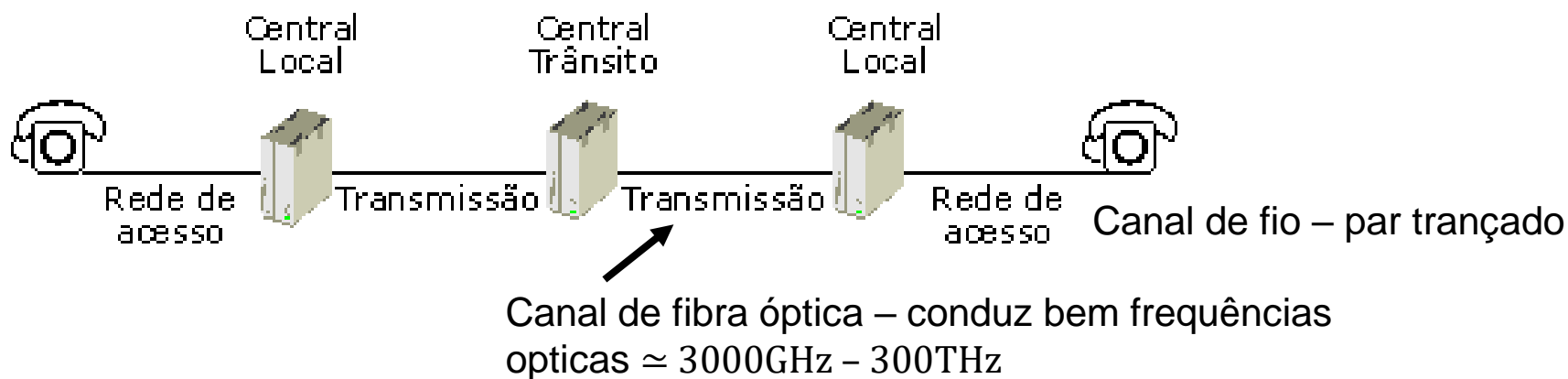
**Figura 3.6** - Fases das ondas: direta (não muda) e refletida no solo (altera a fase).

## Seletividade de frequência -

Cada meio conduz bem para uma faixa de frequência.



**Figura 1.4** Ilustração das anomalias do canal.



Canal de rádio – FM e TV  $\approx 30\text{Mhz} - 300\text{Mhz}$

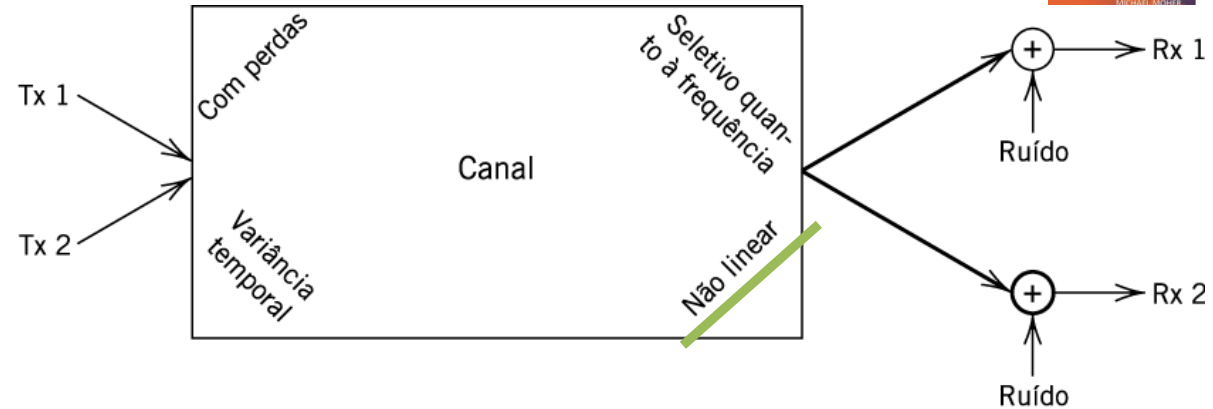


## Propriedades dos canais de comunicação

**Retardo** – Tempo gasto para atravessar o canal de comunicação.



**Não linear** – devido a presença de elementos não lineares como repetidores com amplificadores não lineares.

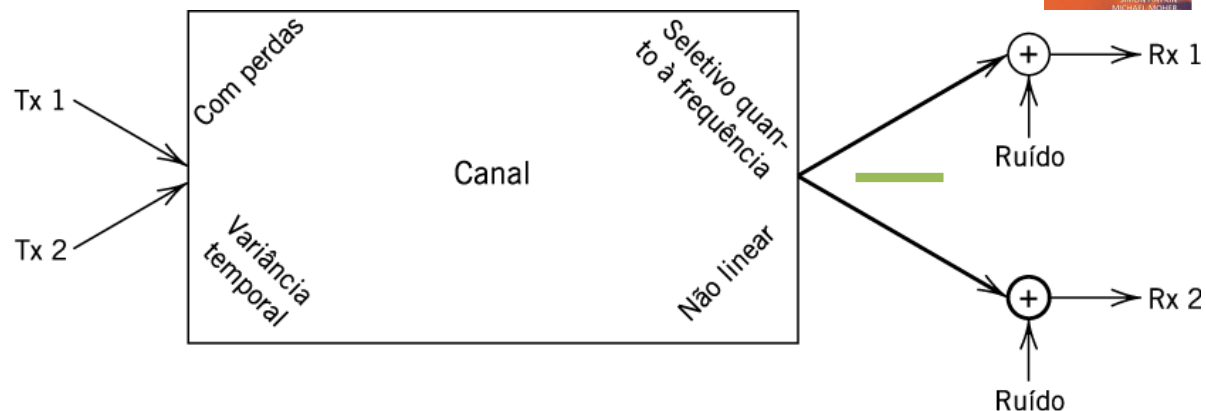


**Figura 1.4** Ilustração das anomalias do canal.

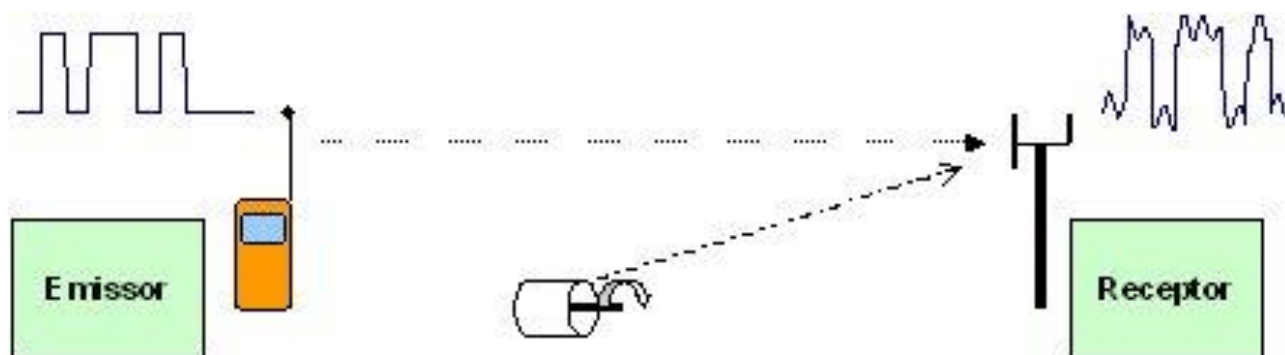
**Distorção do sinal** – Alteração da forma de onda do sinal.



## Uso compartilhado – Multiplexação sem perfeito isolamento.

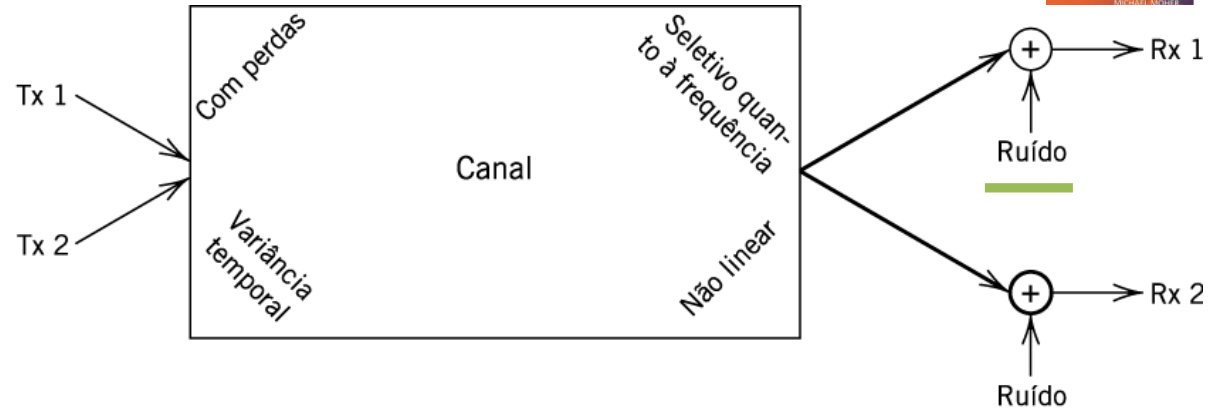


**Figura 1.4** Ilustração das anomalias do canal.



**Sinais interferentes ou espúrios** – Sinais de outras comunicações que invadem o canal em uso.

**Ruído** – Máxima distância de transmissão ao custo de uma potência de transmissão mínima.



**Figura 1.4** Ilustração das anomalias do canal.

## Ruído Elétrico

Nas formas elétricas e eletromagnéticas, tem comportamento aleatório, com amplitudes e fases variáveis e se faz presente em todo espectro de frequência, particularmente no canal de rádio.

Origina da agitação térmicas dos elétrons existentes na matéria.

O ruído pode ser **interno** do equipamento ou **externo** captado pela antena.

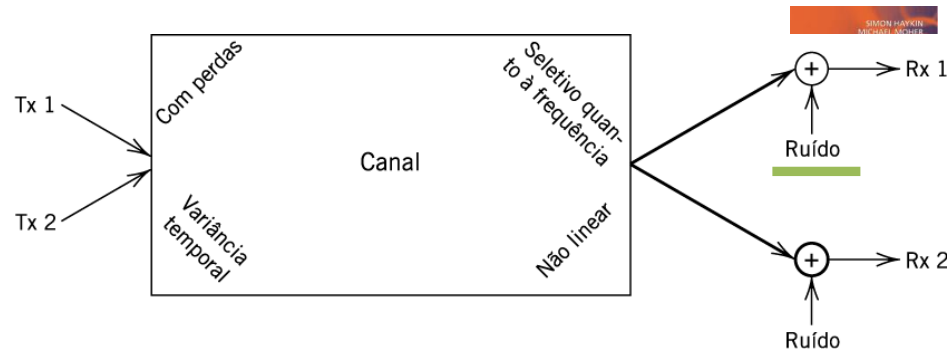


Figura 1.4 Ilustração das anomalias do canal.

### ❑ Fontes Externas de Ruídos:

**Ruído atmosférico** - Resulta das descargas elétricas na atmosfera. (Afeta comunicação de rádio em alta frequência 3-30MHz)

**Ruídos cósmicos** - Gerados por distúrbios ocorridos fora da terra. (>20Mhz)

**Ruído provocado pelo homem** - Gerado por máquinas ou dispositivos fabricado pelo homem. Ex: motores elétricos com escovas.

**Relação Sinal Ruído (dB)**

$$\frac{S}{N} = 10 \log \frac{Pot\_S}{Pot\_R}$$

Boa recepção: **Analógico:** Sinal voz,  $S/N \geq 30\text{dB}$  - Sinal de vídeo,  $S/N \geq 45\text{dB}$

**Digital:**  $S/N \geq 15\text{dB}$



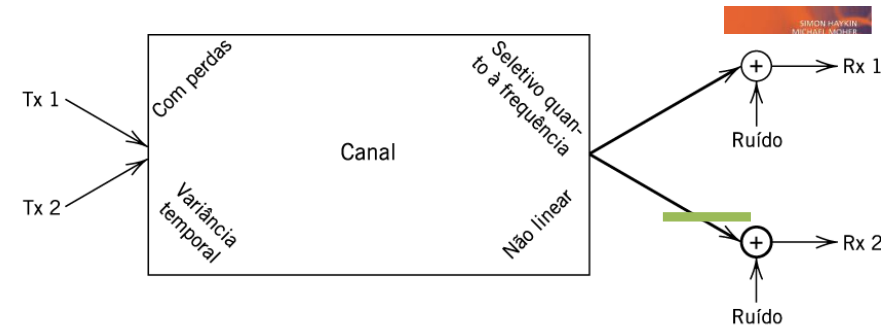
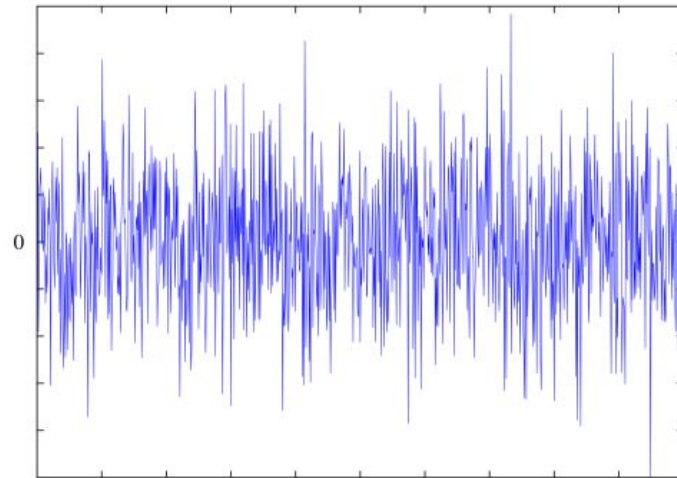


Figura 1.4 Ilustração das anomalias do canal.

**Ruído interno** do equipamento ou **externo** captado pela antena.

- ❑ **Fonte Interna de Ruídos:** É gerado pelas colisões entre os elétrons, quando da passagem de corrente elétrica nos componentes dos circuitos, tais como: resistores, diodos e transistores.



ruído branco



A potência de ruído interno gerado por um dispositivo é expressa pela figura de ruído,  $F$ .

$F = \frac{\text{Potência de ruído medido na saída do dispositivo, à temperatura ambiente}}{\text{Potência de saída do dispositivo como se não gerasse ruído}}$

Potência de saída do dispositivo como se não gerasse ruído

Dispositivo ideal  $F=1$  ou 0dB

A temperatura efetiva do ruído é dada por:

$$T_e = (F - 1)T_o$$

$T_o$       *Temperatura ambiente em kelvin (290K-300K).*

$F$       *Figura de ruído do dispositivo.*



$$T_e = (F - 1)T_o$$



## Potência de ruído:

- Carga resistiva

$$P_n = kT_o B$$

$P_n$     *potência do ruído, em W;*

$k$     *const. de Boltzmann ( $1,38 \cdot 10^{-23}$  joules/kelvin)*

$B$     *banda do canal (Hz)*

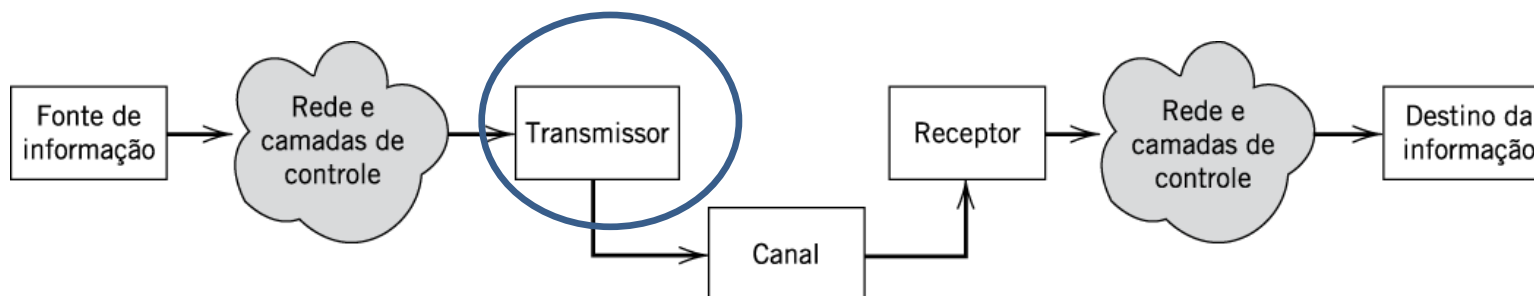
- Saída do receptor

$$P_{n(saída)} = FkT_o B$$

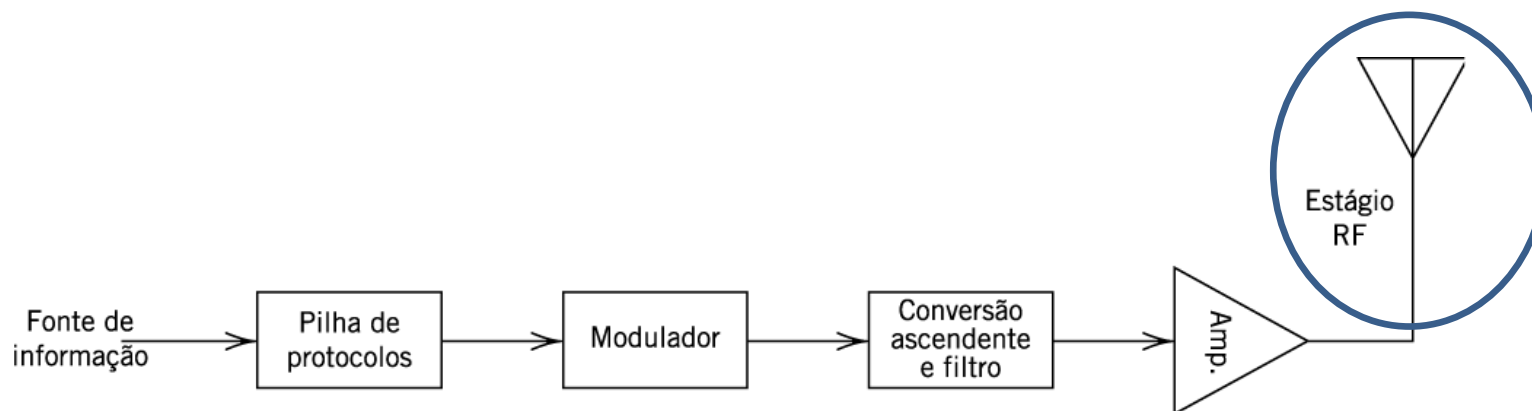
- Considerando os ganhos dos estágios amplificadores em cascata

$$P_{n(saída)} = G_{sis} F_{sis} kT_o B$$

## COMO UM SISTEMA DE COMUNICAÇÃO É ORGANIZADO?



**Figura 1.1** Elementos de um sistema de comunicação.



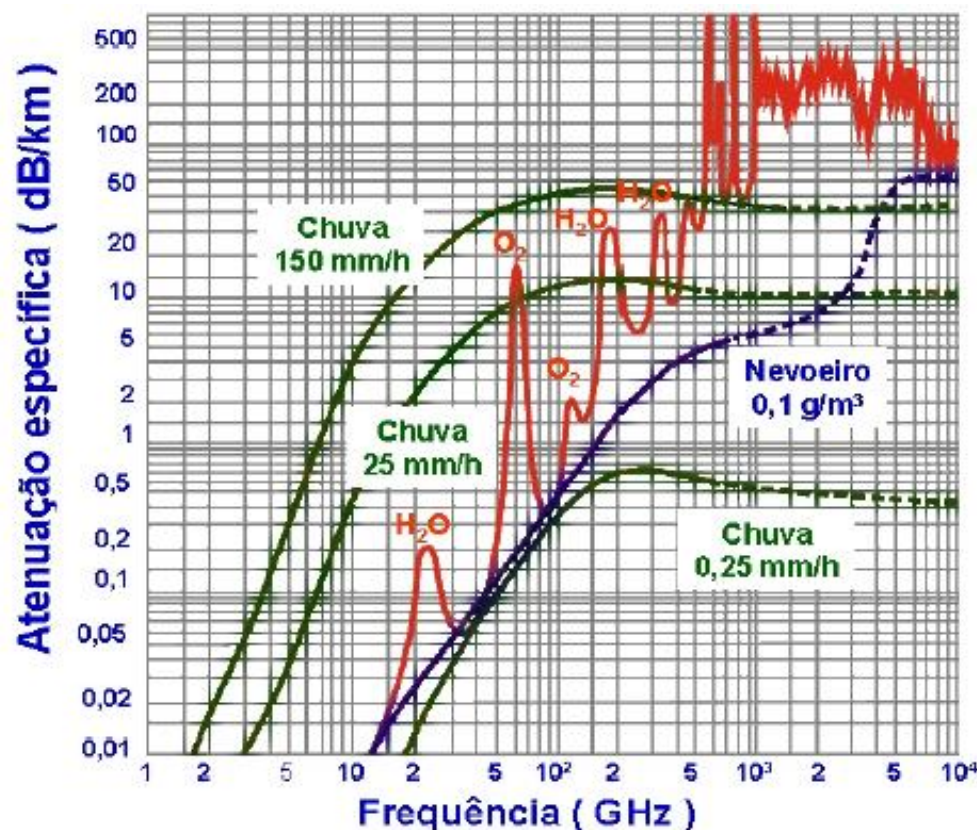
**Figura 1.3** Ilustração dos componentes básicos de um transmissor de rádio.

## Distúrbios específicos do canal de rádio

**Ondas multipercurso** – A energia irradiada pela antena transmissora forma uma onda direta o restante da energia se dispersa.

**Desvanecimento\*** – Quando o sinal recebido flutua, varia de intensidade.

## Ação das chuvas sobre as ondas de rádio



**Efeito Doppler** - Quando um radio móvel está se deslocando na velocidade  $V$ , aproximando ou afastando do ponto  $P$ , a onda transmitida é recebida em uma frequência diferente.

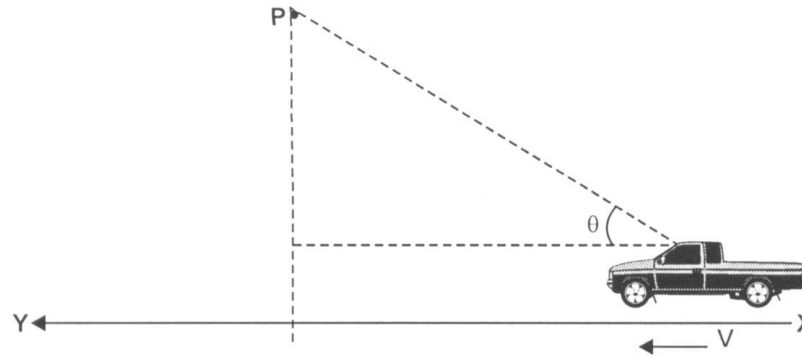
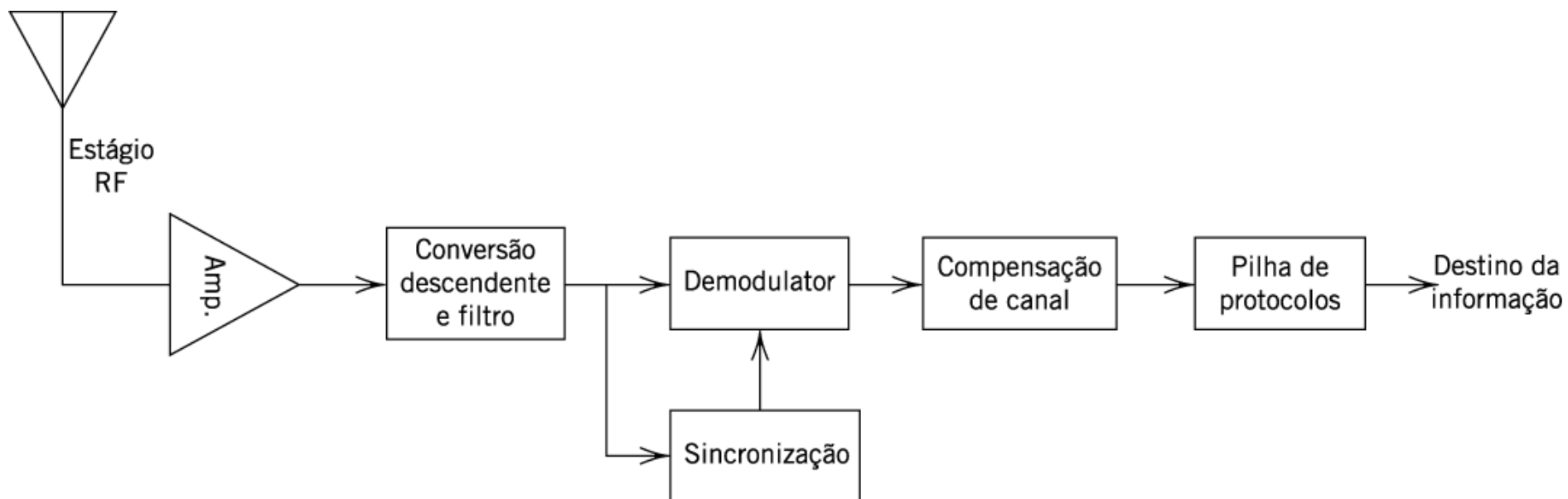


Figura 3.7 - Ilustração do efeito Doppler.

$$\Delta f = \frac{V}{\lambda} \cos \theta$$

$\Delta f$	Deslocamento da frequência, em Hz.
$V$	Velocidade do móvel, em m/s.
$\theta$	Ângulo, em grau.
$\lambda$	Comprimento da onda, em m

## LINKS DE COMUNICAÇÃO – O RECEPTOR



**Figura 1.5** Ilustração de um receptor de rádio.





# Leitura capítulo 1

## Exercícios