

# Transmissão sem fios

REDES E SERVIÇOS DE COMUNICAÇÕES MÓVEIS

**MESTRADO EM COMPUTAÇÃO MÓVEL**  
Escola Superior de Tecnologia e Gestão | Instituto Politécnico da Guarda

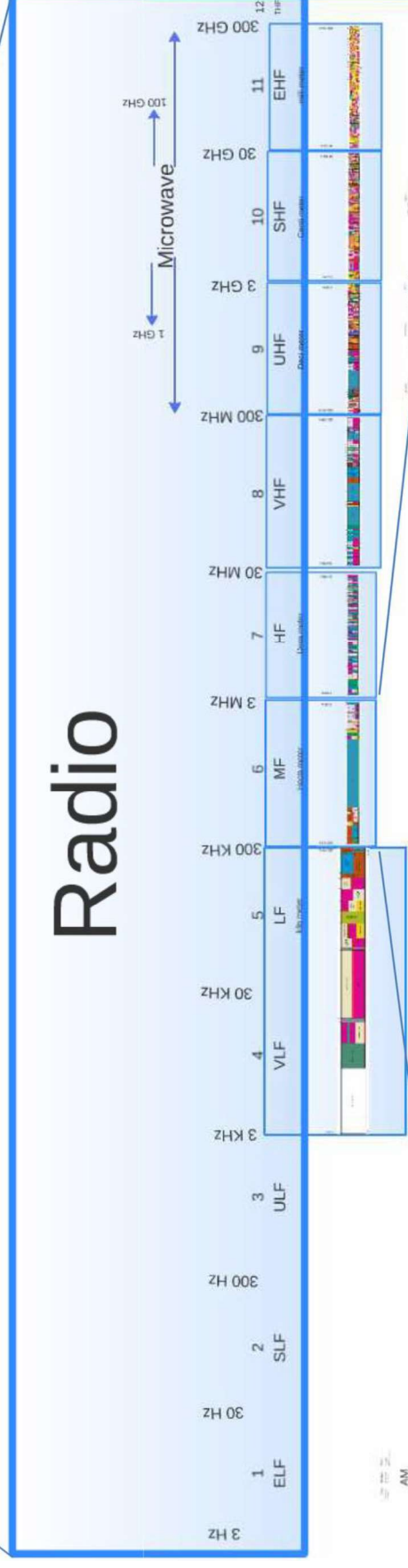
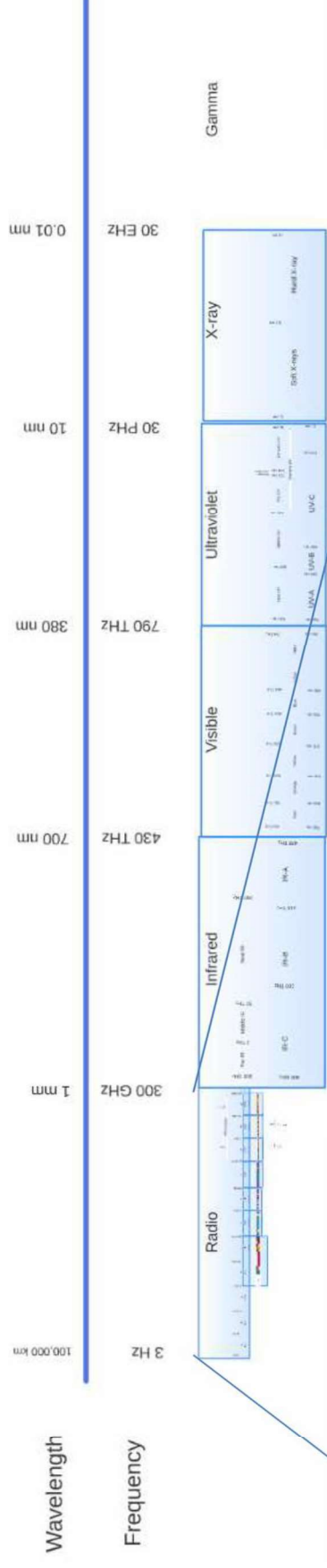




# Sumário

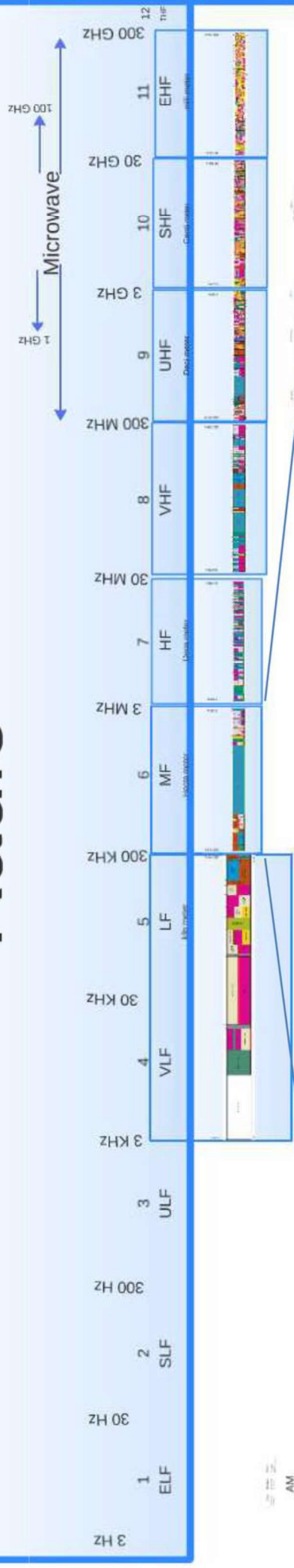
- *Frequências*
- *Sinais*
- *Antenas*
- *Propagação de sinal*
- *Acesso múltiplo*
- *Espectro espalhado*
- *Modulação*
- *Sistemas celulares*

# Frequências para as comunicações móveis



# Frequências para as comunicações móveis

## Radio



Non-Federal Travelers Information Stations (TIS), a mobile service, are authorized in the 535-1705 kHz band. Federal TIS operates at 1610 kHz.

300 kHz

3 MHz

# Frequências para as comunicações móveis

## UNITED

## STATES

# FREQUENCY

## ALLOCATIONS

## THE RADIO SPECTRUM





# *Frequências para as comunicações móveis*

*VLF = Very Low Frequency  
LF = Low Frequency  
MF = Medium Frequency  
HF = High Frequency  
VHF = Very High Frequency  
UHF = Ultra High Frequency  
SHF = Super High Frequency  
EHF = Extra High Frequency  
IR = Infrared Light  
UV = Ultraviolet Light*



# Frequências para as comunicações móveis (cont.)



## VHF/ UHF- bandas para rádio móvel

- Antena simples e pequena, para automóveis
- Características de propagação quase-determinísticas, ligações fiáveis
- A TDT opera nas frequências 750-758 MHz do UHF

([http://tdt.telecom.pt/empresas\\_profissionais/?code=XzX6D&a=1452143#a1452143](http://tdt.telecom.pt/empresas_profissionais/?code=XzX6D&a=1452143#a1452143))

## SHF e frequências superiores para feixes hertzianos e comunicação por satélite

- Antena pequena, *directividade* elevada
- Grande largura de banda disponível
- A telefonia móvel opera nas frequências 800, 900, 1800, 2100 e 2800 MHz

## WLANs utilizam frequências em UHF e SHF

- Alguns sistemas planeados até EHF (ondas milimétricas)
- Limitações devidas à absorção pelas moléculas de água e de oxigénio (frequências de ressonância)
- Desvanecimento dependente das condições atmosféricas, perda de sinal causada por precipitação intensa, etc.

## *Frequências utilizadas nas comunicações móveis*

	<b>Europa</b>	<b>USA</b>	<b>Japão</b>
<b>Telefones Móveis</b>	<b>NMT</b> 453-457MHz, 463-467 MHz; <b>GSM</b> 890-915 MHz, 935-960 MHz; 1710-1785 MHz, 1805-1880 MHz	<b>AMPS, TDMA, CDMA</b> 824-849 MHz, 869-894 MHz; <b>TDMA, CDMA, GSM</b> 1850-1910 MHz, 1930-1990 MHz;	<b>PDC</b> 810-826 MHz, 940-956 MHz; 1429-1465 MHz, 1477-1513 MHz
<b>Telefones sem fios</b>	<b>CT1+</b> 885-887 MHz, 930-932 MHz; <b>CT2</b> 864-868 MHz <b>DECT</b> 1880-1900 MHz	<b>PACS</b> 1850-1910 MHz, 1930-1990 MHz <b>PACS-UB</b> 1910-1930 MHz	<b>PHS</b> 1895-1918 MHz <b>JCT</b> 254-380 MHz
<b>WLANS</b>	<b>IEEE 802.11</b> 2400-2483 MHz <b>HIPERLAN 1</b> 5176-5270 MHz	<b>IEEE 802.11</b> 2400-2483 MHz	<b>IEEE 802.11</b> 2471-2497 MHz







# *Sinais*

- Representação física de informação (analógica ou digital)
- Funções do tempo e do espaço
- Parâmetros de sinal: parâmetros que representam valores da informação
- Classificação
  - Tempo contínuo / tempo discreto
  - Valores contínuos / valores discretos
  - Informação analógica = tempo contínuo e valores contínuos
  - Informação digital = tempo discreto e valores discretos
  - Sinal analógico = tempo contínuo e informação analógica
  - Sinal discreto = tempo contínuo e informação digital

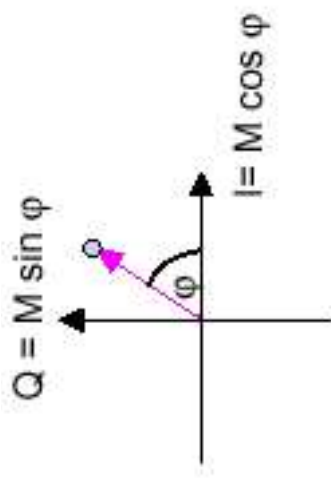
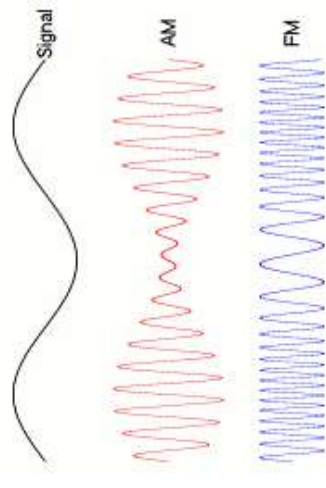
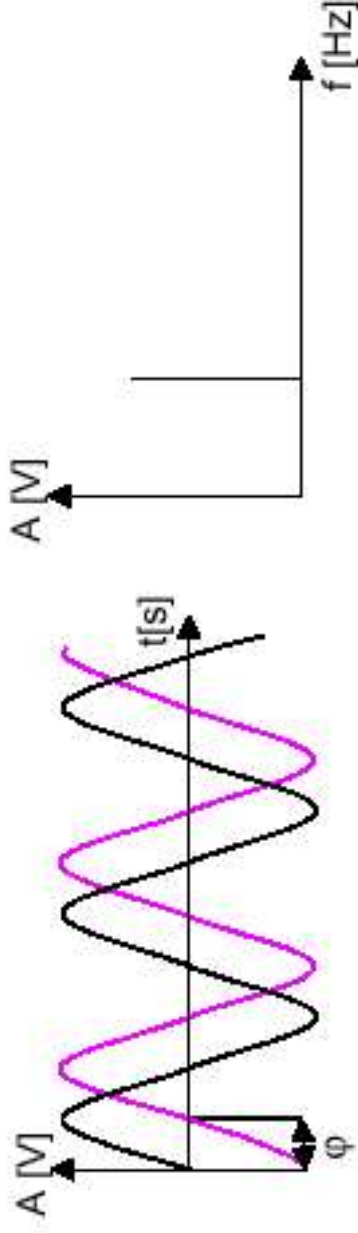
## *Sinais (cont.)*

- Parâmetros de sinais periódicos:
  - período  $T$ ,
  - frequência  $f = 1/T$ ,
  - amplitude  $A$ ,
  - desvio de fase ( $\varphi$ )
- Onda sinusoidal como caso especial de sinal periódico usado como portadora:
  - $s(t) = A \sin(2\pi f_t t + \varphi_t)$



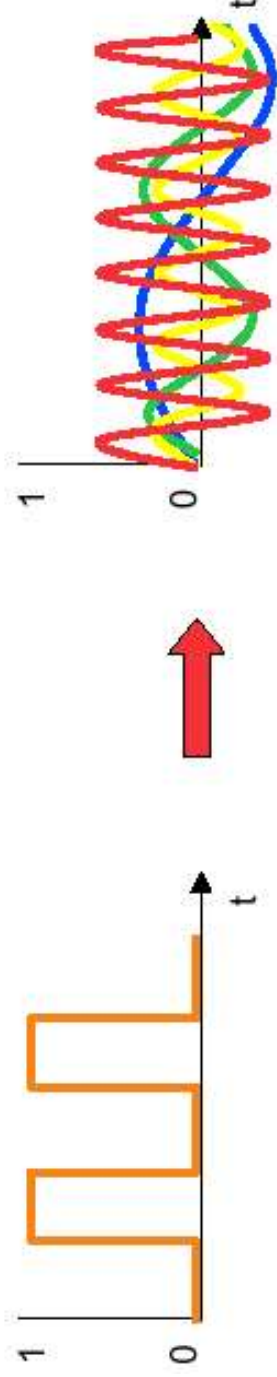
## Sinais (cont.)

- Diferentes representações de sinais
  - Temporal (domínio do tempo)
  - Espectral (domínio da frequência)
  - Diagrama de estados (amplitude  $M$  e fase  $\varphi$  em coordenadas polares)



## *Sinais (cont.)*

- A informação digital necessita de:
  - Largura de banda infinita para transmissão perfeita
  - Modulação de uma portadora sinusoidal para transmissão (sinal analógico!)



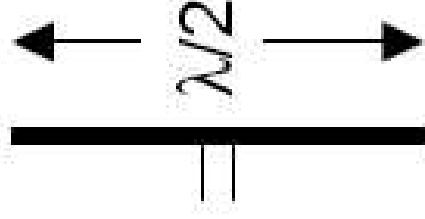
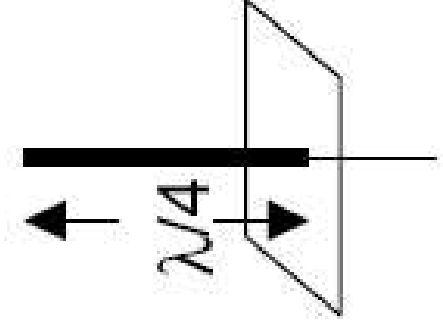
# Antenas: radiador isotrópico

- Radiação e recepção de ondas electromagnéticas; acoplamento de linhas de transmissão à atmosfera para transmissão
- Radiador isotrópico: radiação uniforme em todas as direcções (espaço tridimensional) – antena de referência teórica
- As antenas reais possuem sempre características direccionais (vertical e/ou horizontalmente)
- Diagrama de radiação: gráfico da intensidade de radiação no espaço envolvente de uma antena



# Antenas: monopólos e dipólos simples

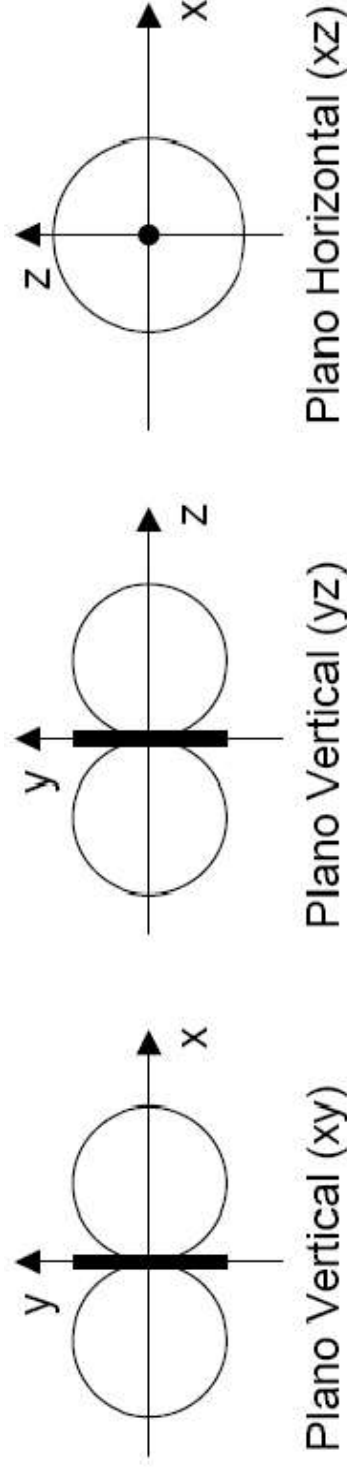
- As antenas do tipo monopólo com comprimento de  $\lambda/4$  são muito usadas em tejadilhos de automóveis; os dipolos de  $\lambda/2$  (meia onda) são mais usados em agregados de antenas





# Antenas: monopólos e dipólos simples (cont.)

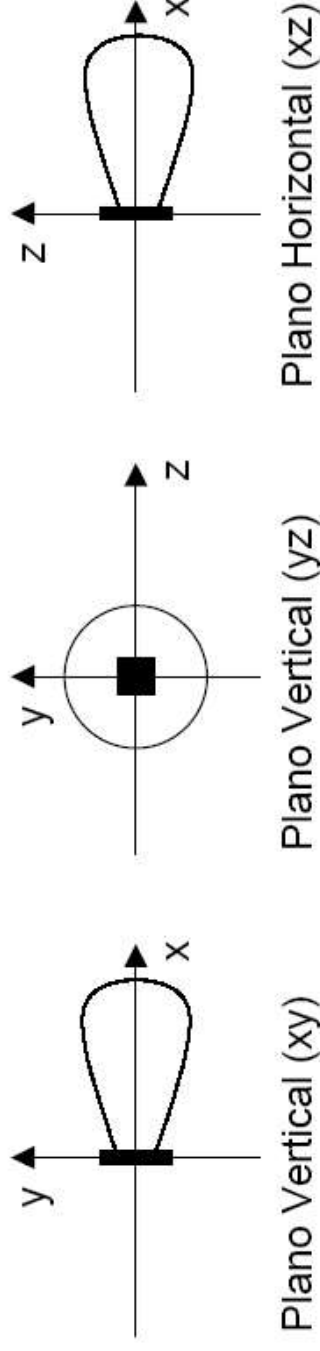
Exemplo: diagrama de radiação de um dipólo de Hertz



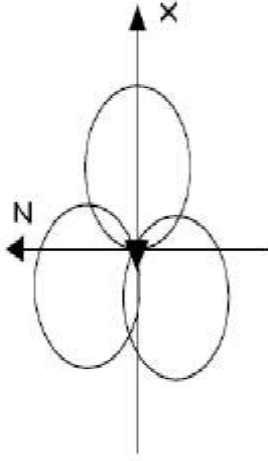
**Ganho:** razão entre a intensidade de radiação máxima produzida pela antena e a intensidade de radiação que seria produzida por um radiador isotrópico ideal, para a mesma potência transmitida (fornecida pelo transmissor à antena)

# Antenas: directivas

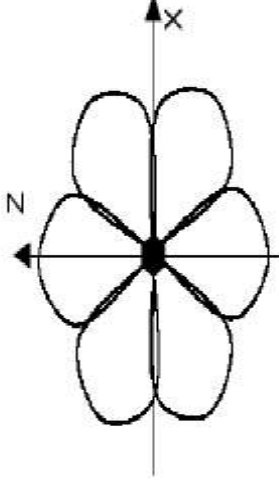
- São utilizadas frequentemente em ligações por microondas (feixes hertzianos) e em estações de base para telefonia móvel (para cobertura de um vale, por exemplo)



# Antenas: sectorizada



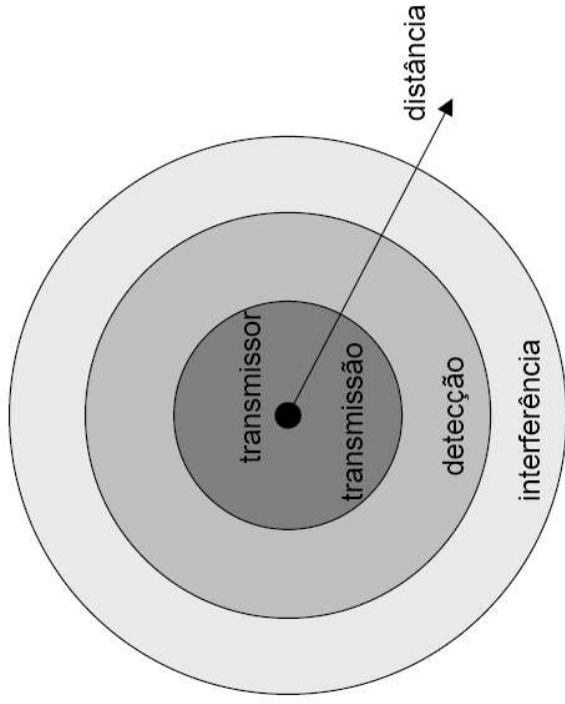
Plano Horizontal, 3 sectores




Plano Horizontal, 6 sectores



# Alcance da propagação de sinal



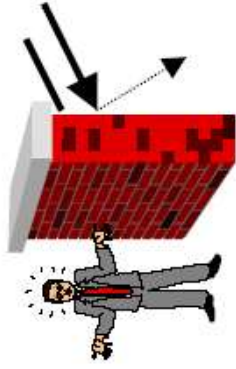
- Alcance de transmissão
  - Comunicação possível
  - Taxa de erros baixa
- Alcance de detecção
  - Detecção do sinal possível
  - Comunicação impossível
- Alcance de interferência
  - O sinal não pode ser detectado
  - O sinal adiciona-se ao ruído de fundo



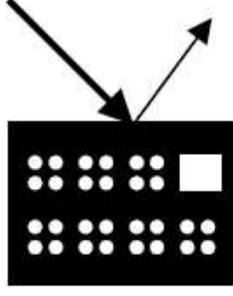
# Propagação de sinal

- A propagação em espaço livre obedece às leis de Maxwell
- A potência recebida é proporcional a  $1/d^2$   
( $d$  = distância entre transmissor e receptor)
- A potência recebida é influenciada por:
  - Desvanecimento (dependente da frequência)
  - Sombreamento
  - Reflexão em grandes obstáculos
  - Difusão por pequenos obstáculos
  - Difracção em obstáculos

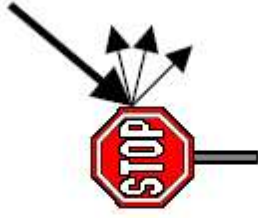
# Propagação de sinal (cont.)



sombreamento



reflexão



difusão



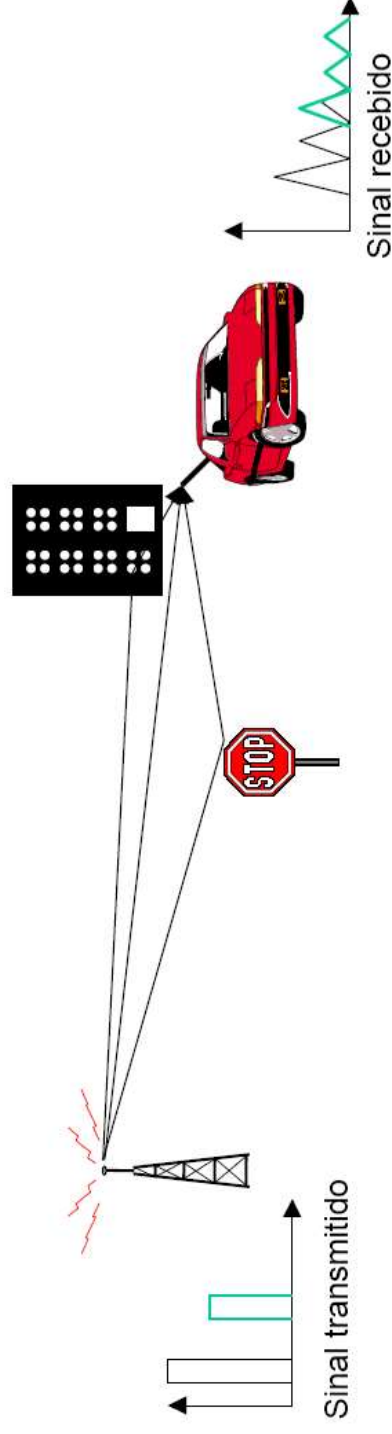
difracção





# Propagação com percurso múltiplo

- O sinal pode tomar muitos percursos diferentes entre o transmissor e o receptor, devido a reflexão, difusão ou difracção.



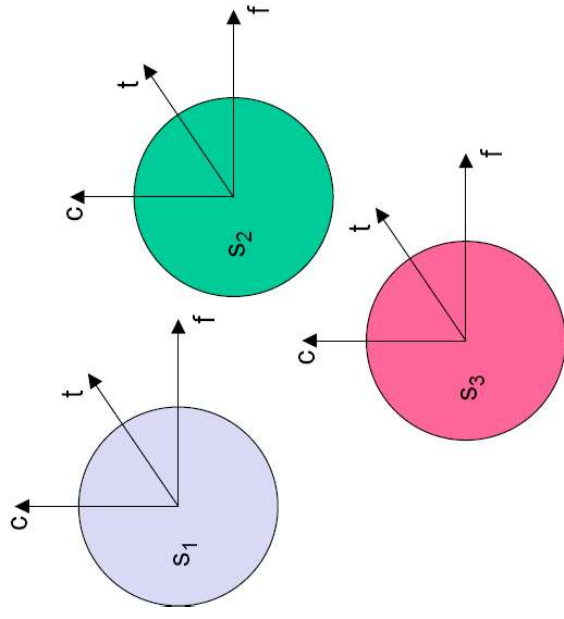
Dispersão temporal: o sinal é “espalhado” no tempo  
O sinal recebido atinge o receptor distorcido



# Efeitos da mobilidade

- As características do canal variam no tempo e com a localização
  - Os percursos das componentes do sinal alteram-se
  - Variações diferentes dos atrasos de componentes distintas do sinal
  - Variações de fase distintas das componentes do sinal
- Variações rápidas da potência recebida (desvanecimento rápido)

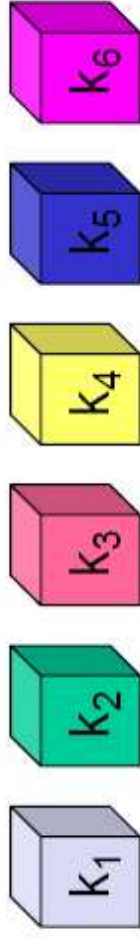
# Multi-canalização (*Multiplexing*) para Acesso Múltiplo



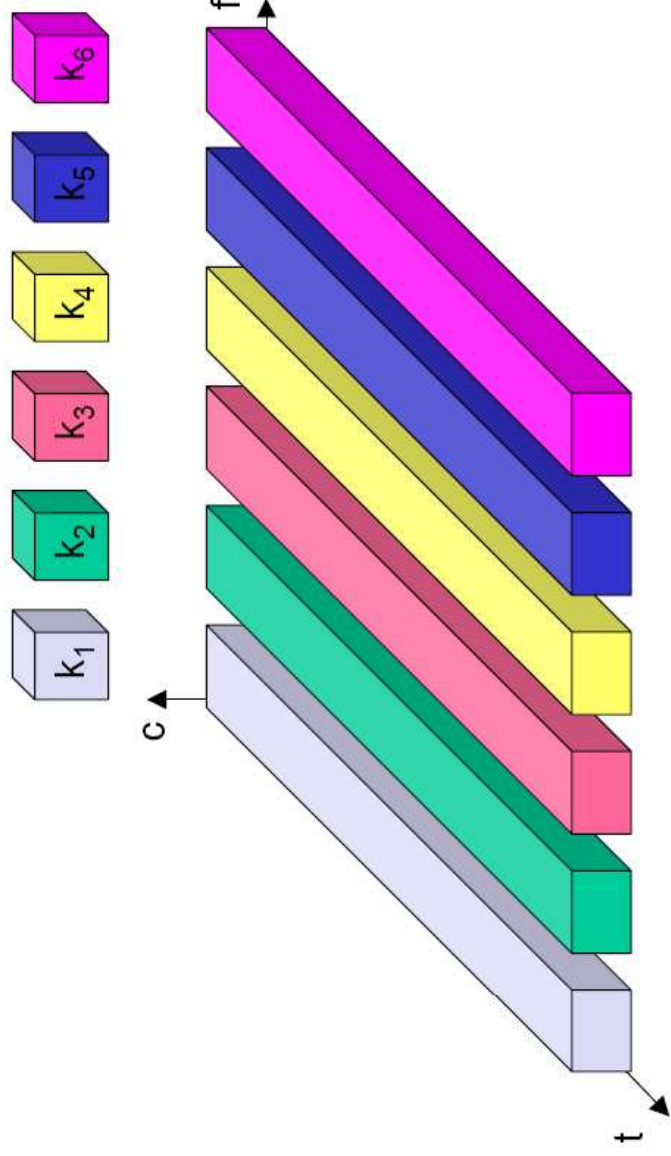
Multi-canalização em 4 dimensões

- espaço ( $s_i$ )
- tempo ( $t$ )
- frequência ( $f$ )
- código ( $c$ )

canais  $k_i$



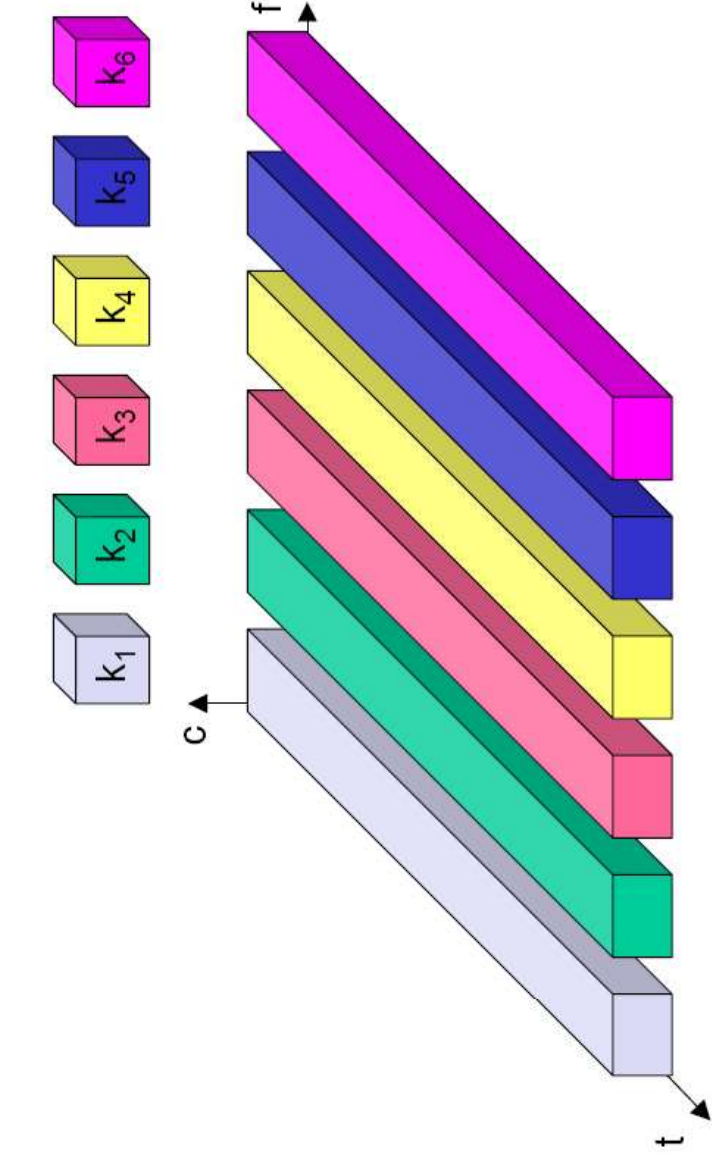
# Multi-canalização espectral (FDMA)



Divisão da banda disponível em bandas de frequência mais estreitas

Cada canal ocupa uma determinada banda de frequências durante todo o tempo

# Multi-canalização espectral (FDMA)



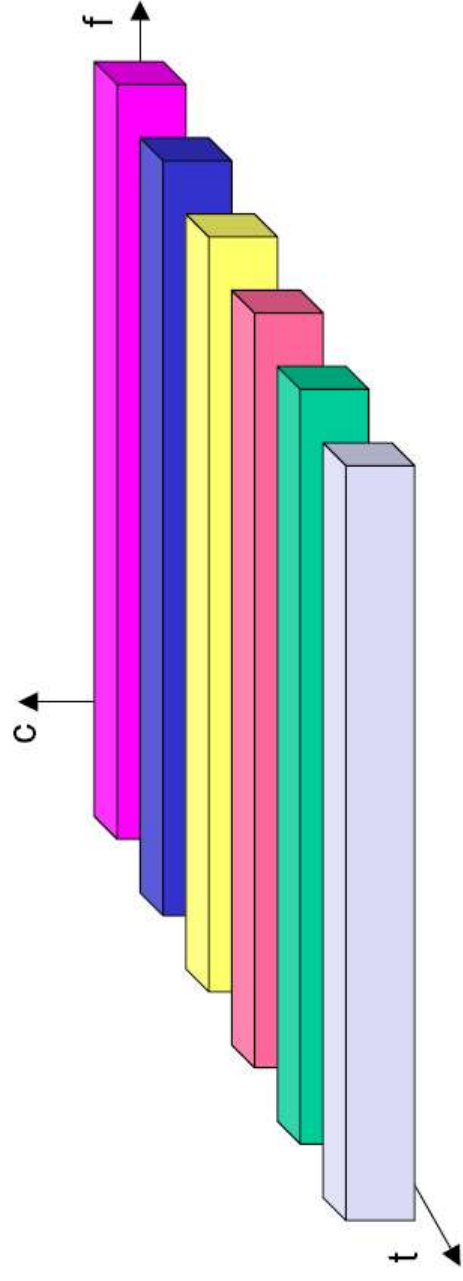
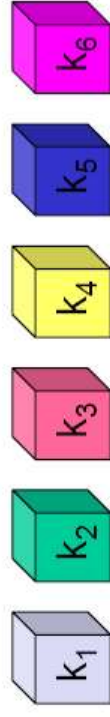
## Vantagens

- Coordenação dinâmica desnecessária
- Aplicável com sinais analógicos

## Desvantagens:

- Desperdício de largura de banda, se o tráfego não for uniformemente distribuído
- Inflexível

# Multi-canalização temporal (TDMA)

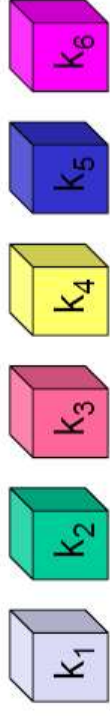


cada canal utiliza toda a banda  
disponível durante um determinado  
intervalo de tempo





# Multi-canalização temporal (TDMA)

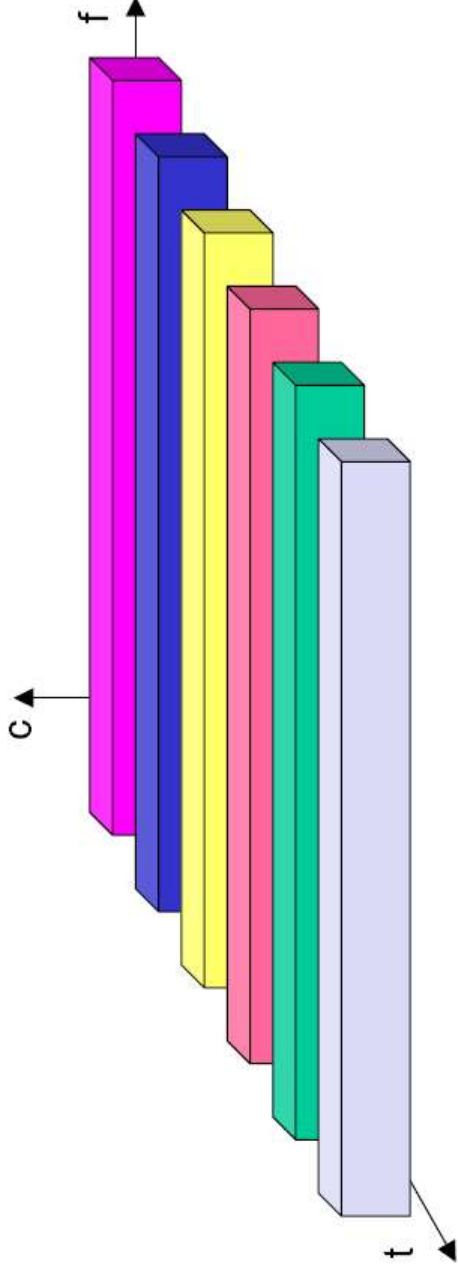


/antagens

- Apenas uma portadora no meio, em qualquer momento
- Eficiência de transmissão elevada, mesmo com muitos utilizadores

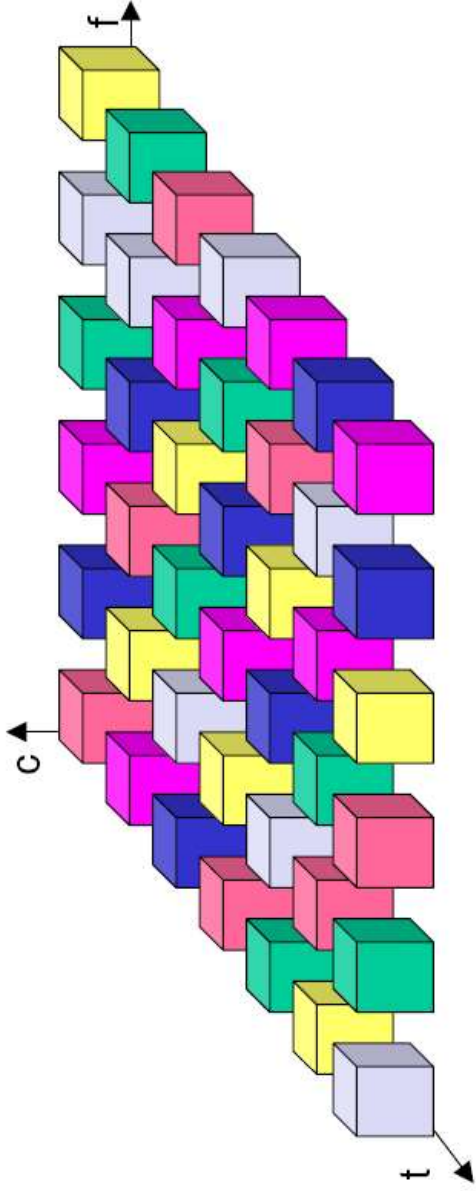
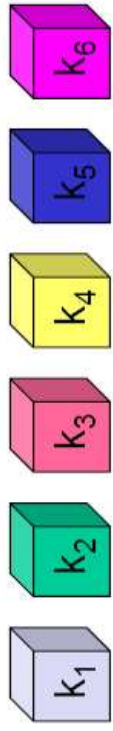
Desvantagens:

- Necessita de sincronização precisa



# Multi-canalização temporal e espectral (TDMA/FDMA)

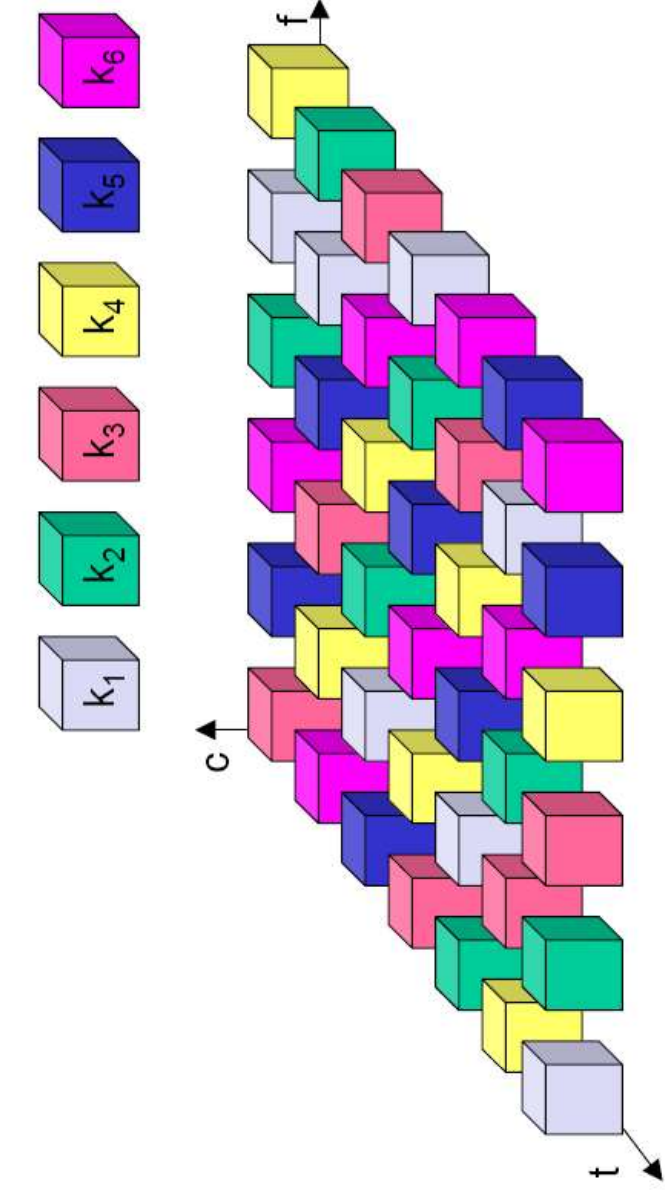
Combinação de dois métodos  
temporal e espectral



Cada canal ocupa uma determinada  
banda de frequência durante um  
determinado intervalo de tempo

Exemplo usado no GSM

# Multi-canalização temporal e espectral (TDMA/FDMA)



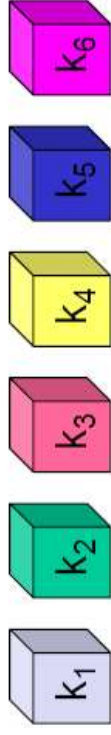
## Vantagens:

- Melhor protecção contra intrusão
- Protecção contra interferência selectiva em frequência
- Débitos mais elevados, em comparação com a multi-canalização codificada

## Desvantagem

- Necessita de uma coordenação precisa

# Multi-canalização codificada (CDMA)



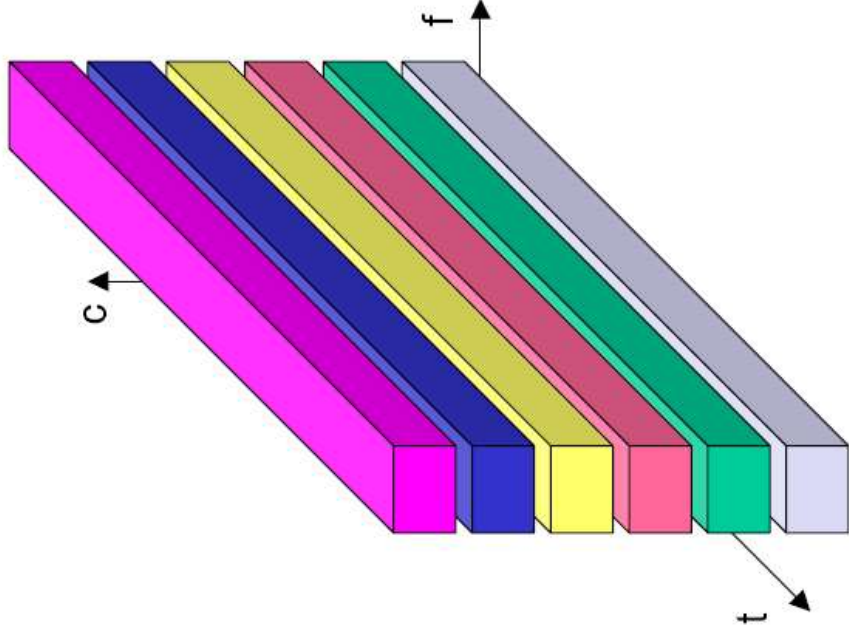
Cada canal possui um código único

Todos os canais usam a mesma  
banda simultaneamente

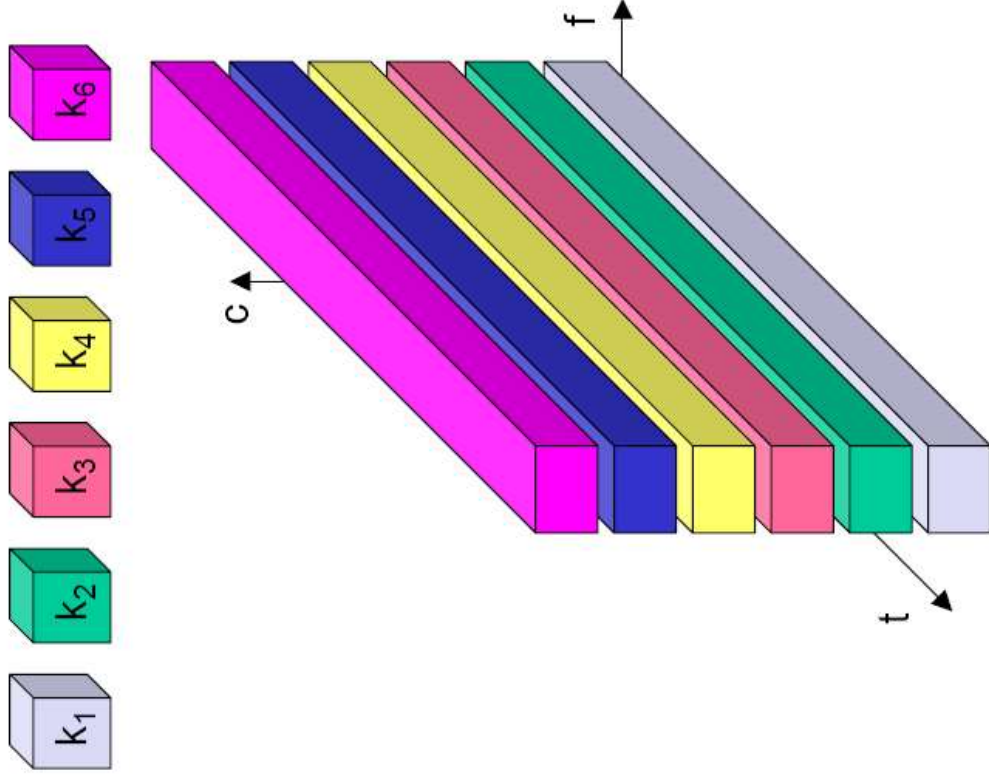
Implementada com tecnologia de  
espectro espalhado

Vantagens:

- Melhor proteção contra intrusão
- Proteção contra interferência



# Multi-canalização codificada (CDMA)



## Vantagens:

- Eficiência espectral
- Coordenação e sincronização desnecessárias
- Boa proteção contra interferência e intrusão

## Desvantagem

- Débitos de utilização mais baixos
- Regeneração de sinal mais complexa