

Taxa máxima de dados de um canal de comunicação

- Teorema de Nyquist

$$\text{taxa máxima de dados} = 2B \log_2 V \text{ bits/s}$$

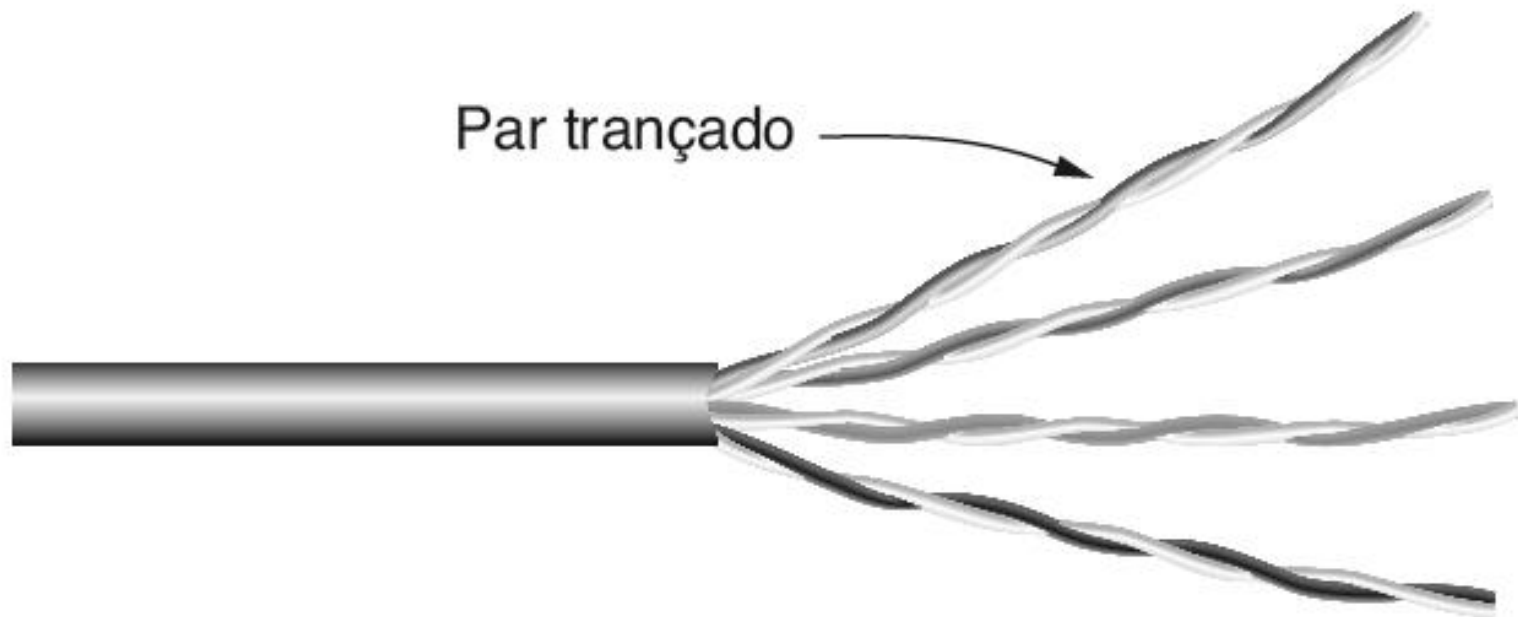
- Equação de Shannon e a relação sinal-ruído

$$\text{número máximo de bits/s} = B \log_2 (1 + S/N)$$

Meio de transmissão guiado

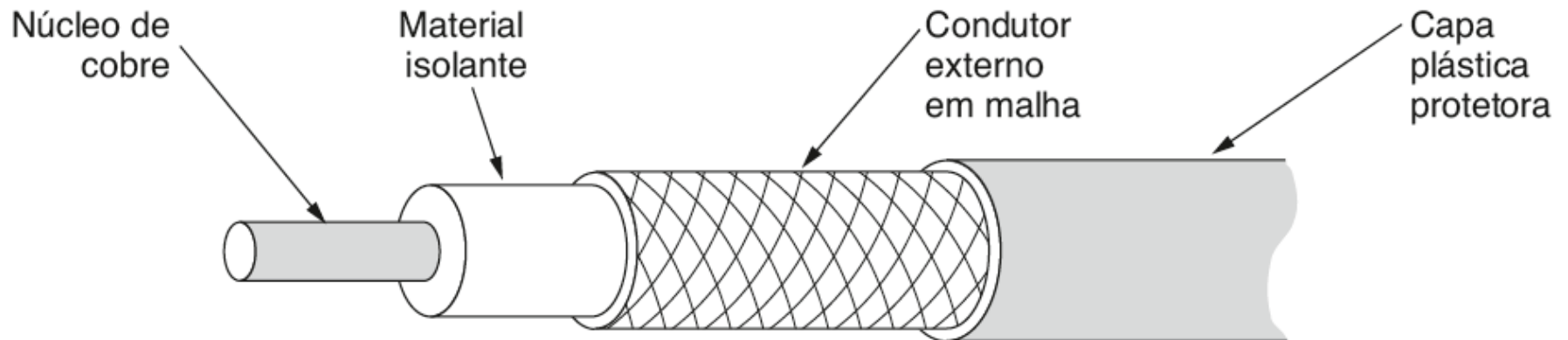
- Par trançado
- Cabo coaxial
- Linhas de energia elétrica
- Fibra óptica

Par trançado



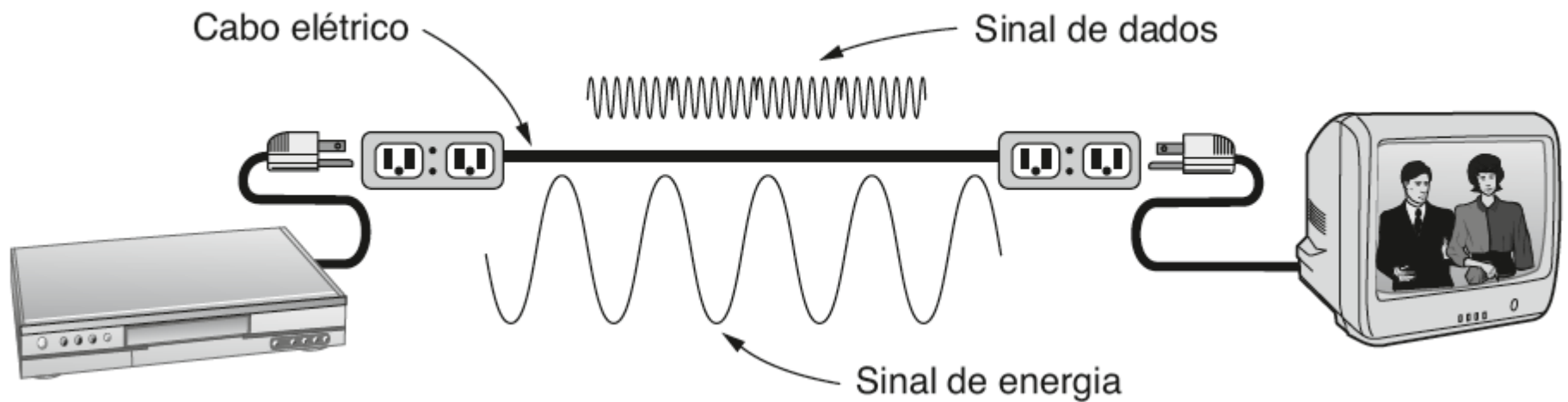
Cat 5 UTP: cabo com quatro pares trançados.

Cabo coaxial



Um cabo coaxial.

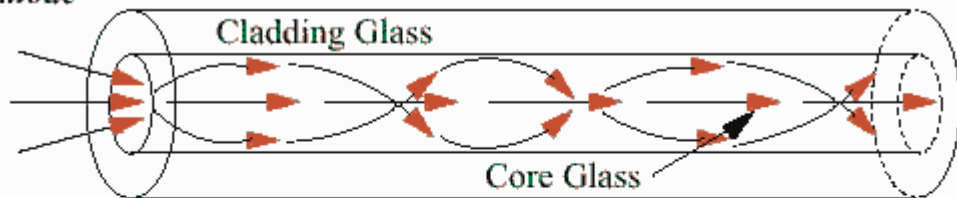
Linhas de energia elétrica



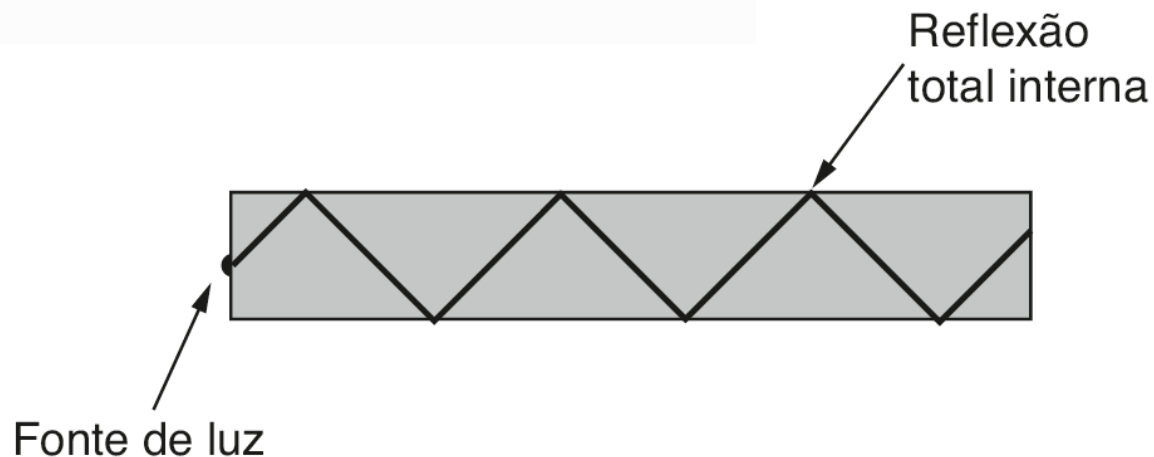
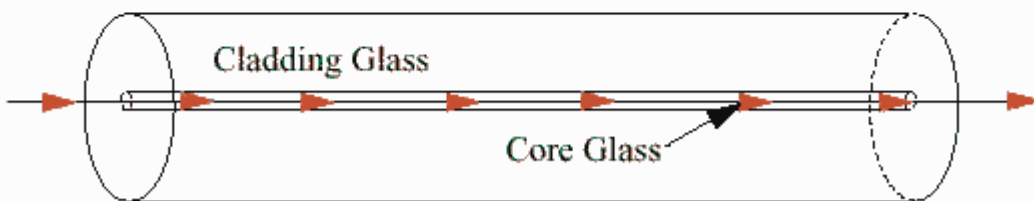
Uma rede de dados que faz uso da fiação elétrica doméstica.

Fibras ópticas

Multimode

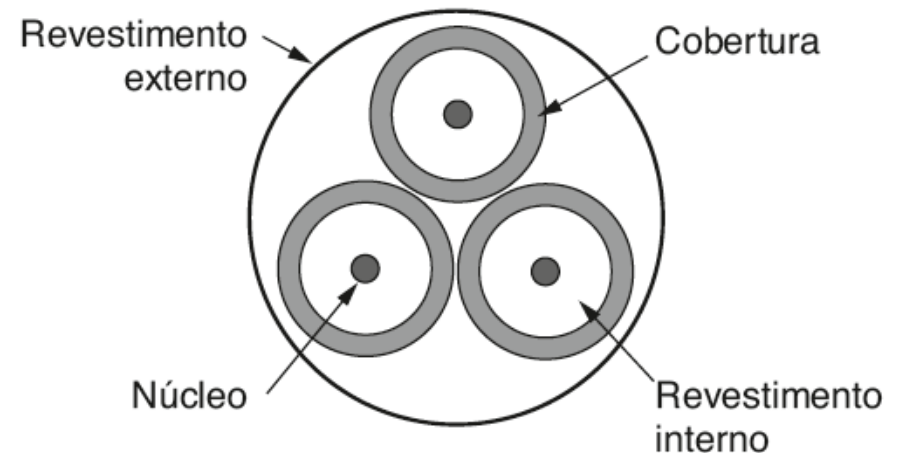
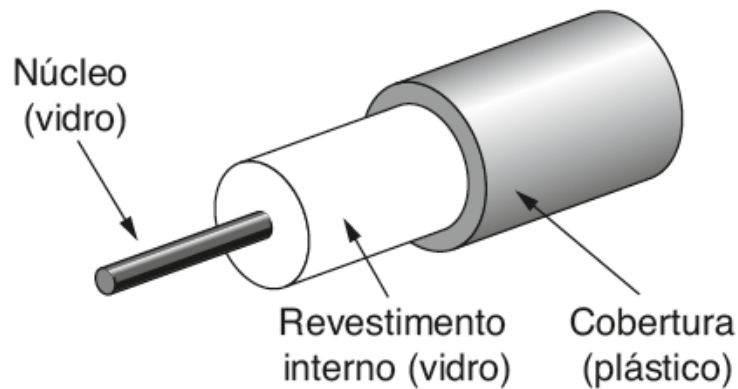


Single-Mode



Luz confinada pela reflexão total interna.

Cabos de fibra



Visão interna de um cabo de fibra.

Cabos de fibra

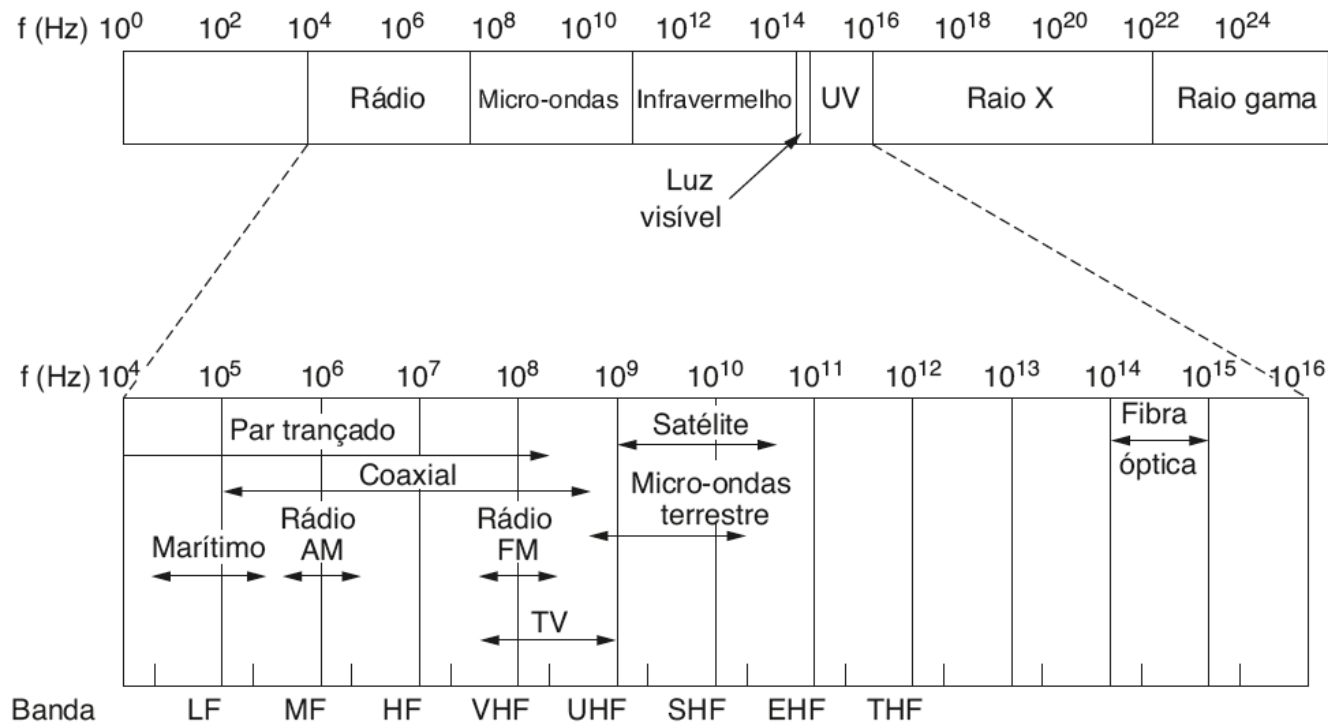
Item	LED	Laser semiconductor
Taxa de dados	Baixa	Alta
Tipo de fibra	Multimodo	Multimodo ou modo único
Distância	Curta	Longa
Vida útil	Longa	Curta
Sensibilidade à temperatura	Insignificante	Substancial
Custo	Baixo	Dispendioso

Comparação entre diodo semiconductor e LEDs emissores de luz.

Transmissão sem fio

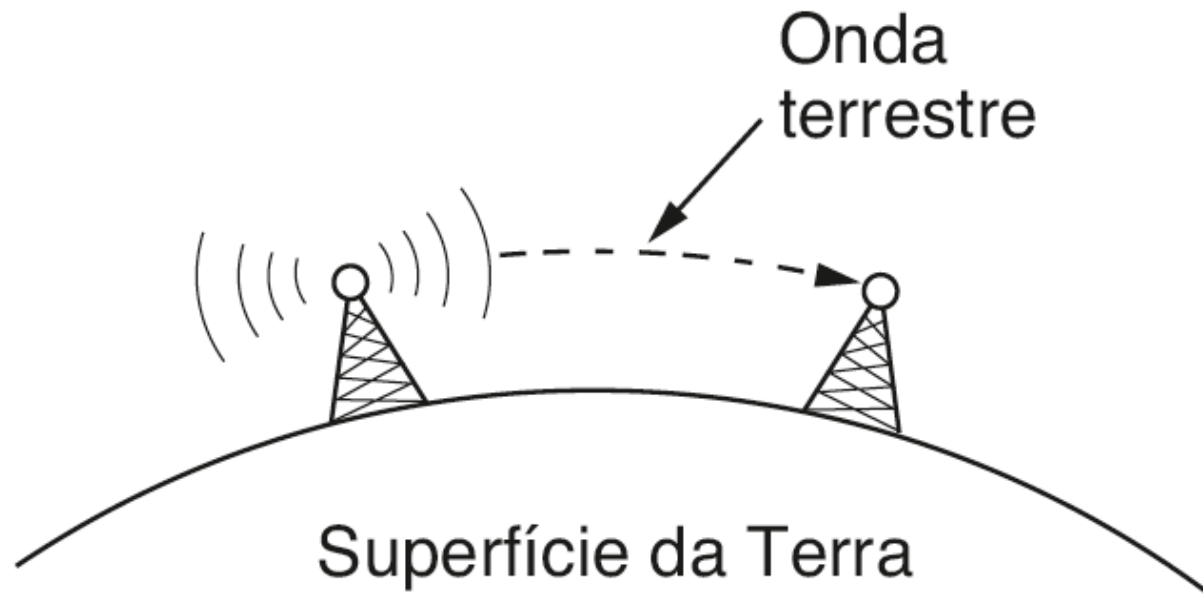
- O espectro eletromagnético
- Transmissão via rádio
- Transmissão via micro-ondas
- Transmissão via infravermelho
- Transmissão via luz

O espectro eletromagnético



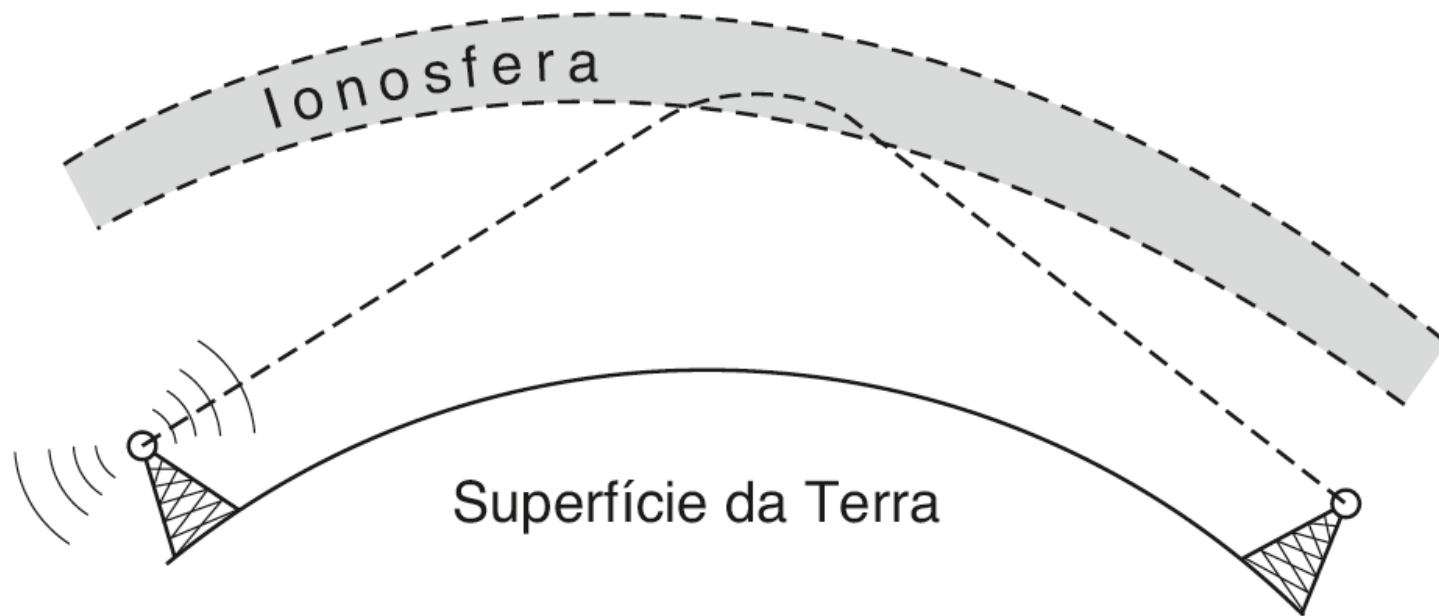
O espectro eletromagnético e o uso nas comunicações.

Transmissão via rádio



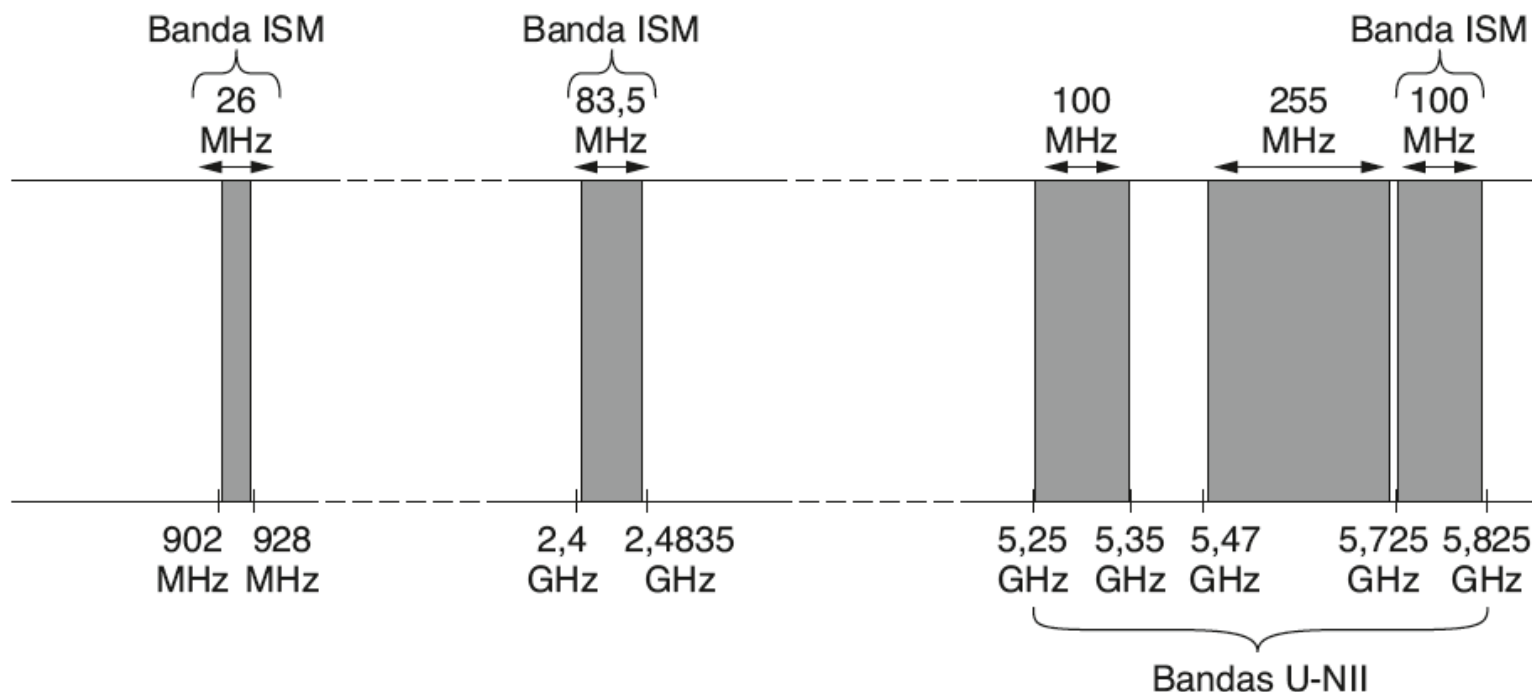
Nas bandas VLF, LF e MF, as ondas de rádio seguem a curvatura da Terra.

Transmissão via rádio



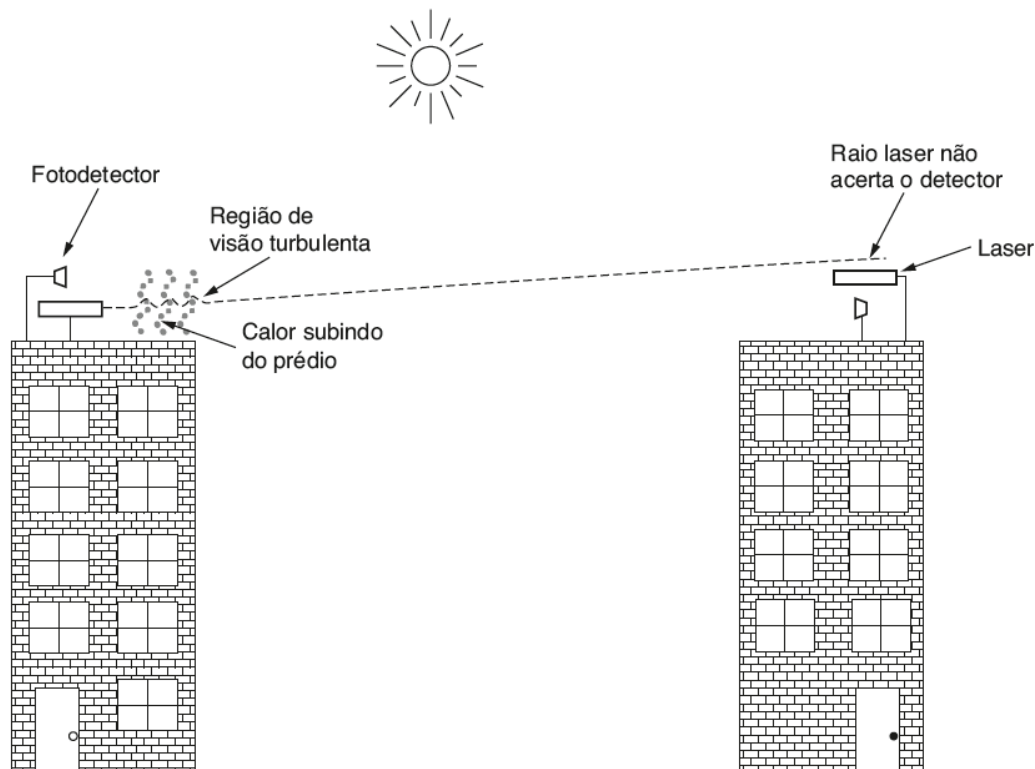
Na banda HF, as ondas ricocheteiam na ionosfera.

As políticas do espectro eletromagnético



As bandas ISM e U-NII usadas nos Estados Unidos em dispositivos sem fio.

Transmissão via luz

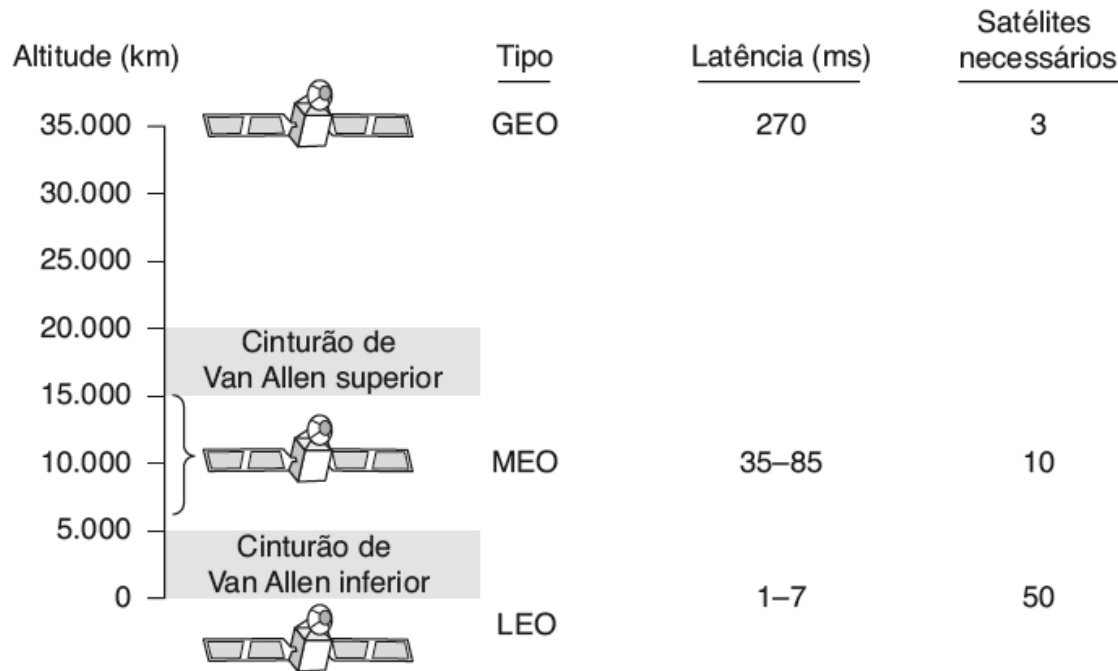


A convecção do ar pode interferir na comunicação a laser. Um sistema com dois lasers bidirecionais é apresentado na figura.

Satélites de comunicação

- Satélites geoestacionários
- Satélites de órbita média
- Satélites de baixa órbita
- Satélites e fibras

Satélites de comunicação



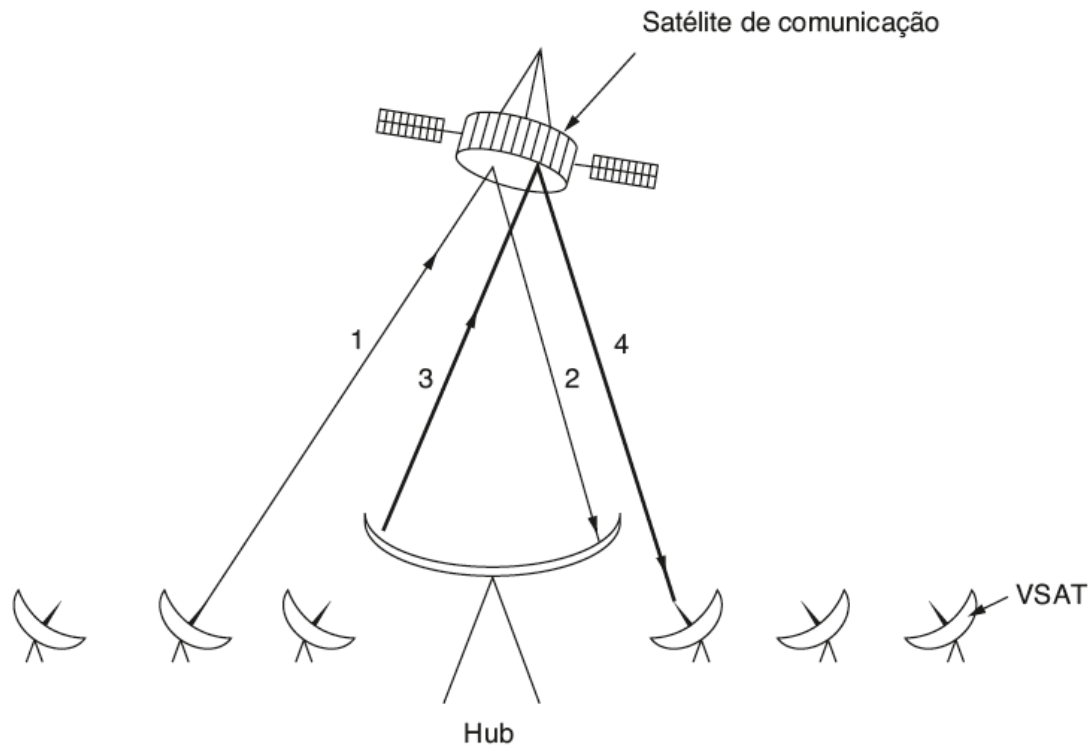
Satélites de comunicação e algumas propriedades: altitudes, atraso de ida e volta, número de satélites para cobertura global.

Satélites geoestacionários

Banda	Downlink	Uplink	Largura de banda	Problemas
L	1,5 GHz	1,6 GHz	15 MHz	Baixa largura de banda; lotada
S	1,9 GHz	2,2 GHz	70 MHz	Baixa largura de banda; lotada
C	4,0 GHz	6,0 GHz	500 MHz	Interferência terrestre
Ku	11 GHz	14 GHz	500 MHz	Chuva
Ka	20 GHz	30 GHz	3.500 MHz	Chuva; custo do equipamento

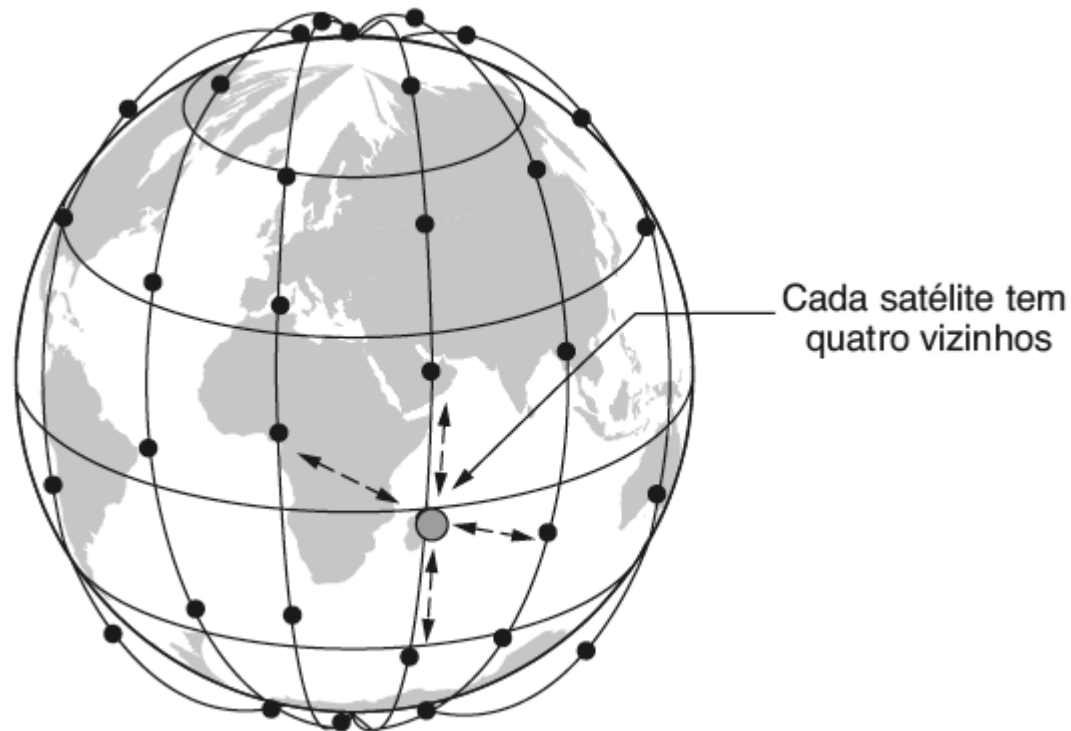
As principais bandas de comunicação via satélite.

Satélite geoestacionário



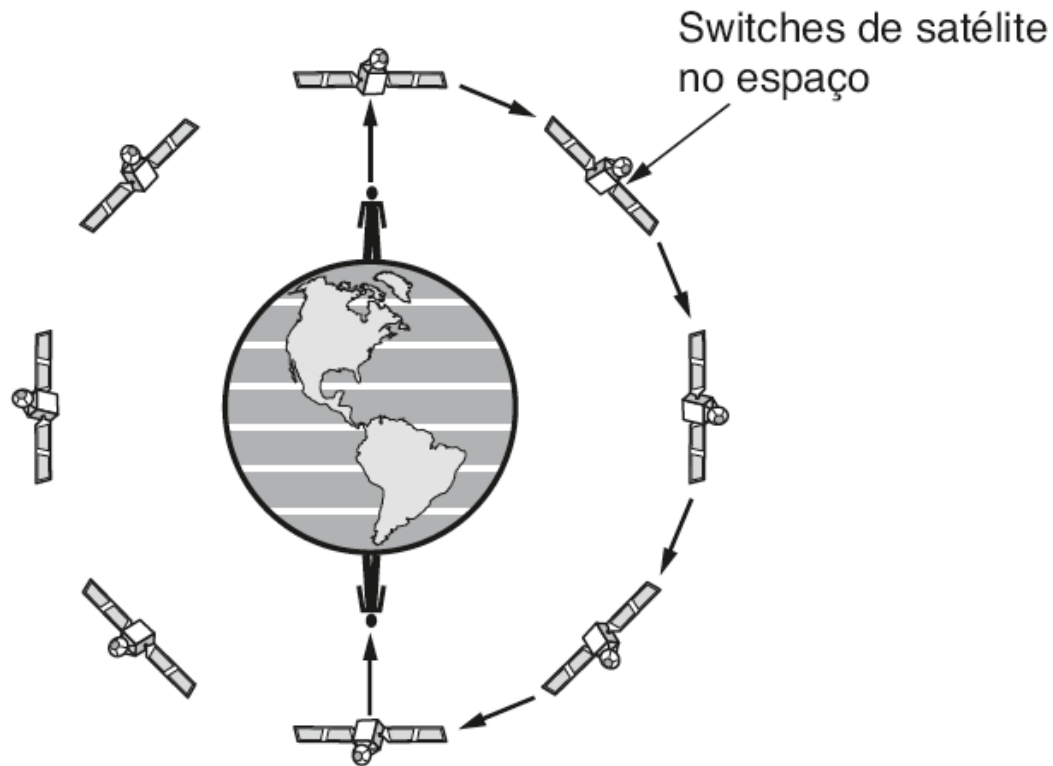
VSATs usando um hub.

Satélites de baixa órbita



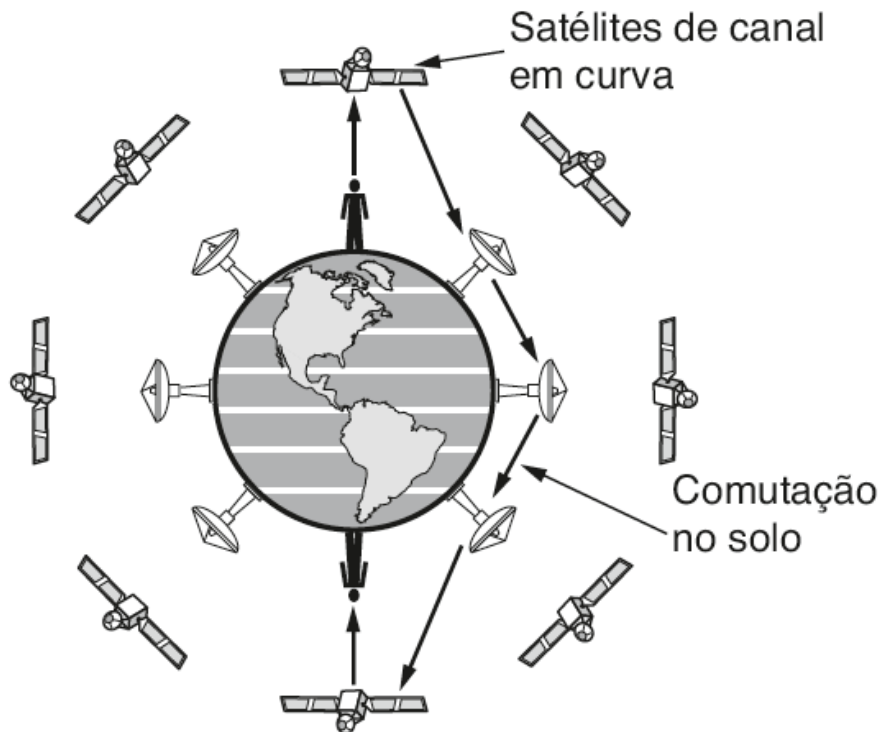
Os satélites Iridium formam seis cinturões em torno da Terra.

Satélites de baixa órbita



Retransmitindo no espaço.

Satélites de baixa órbita

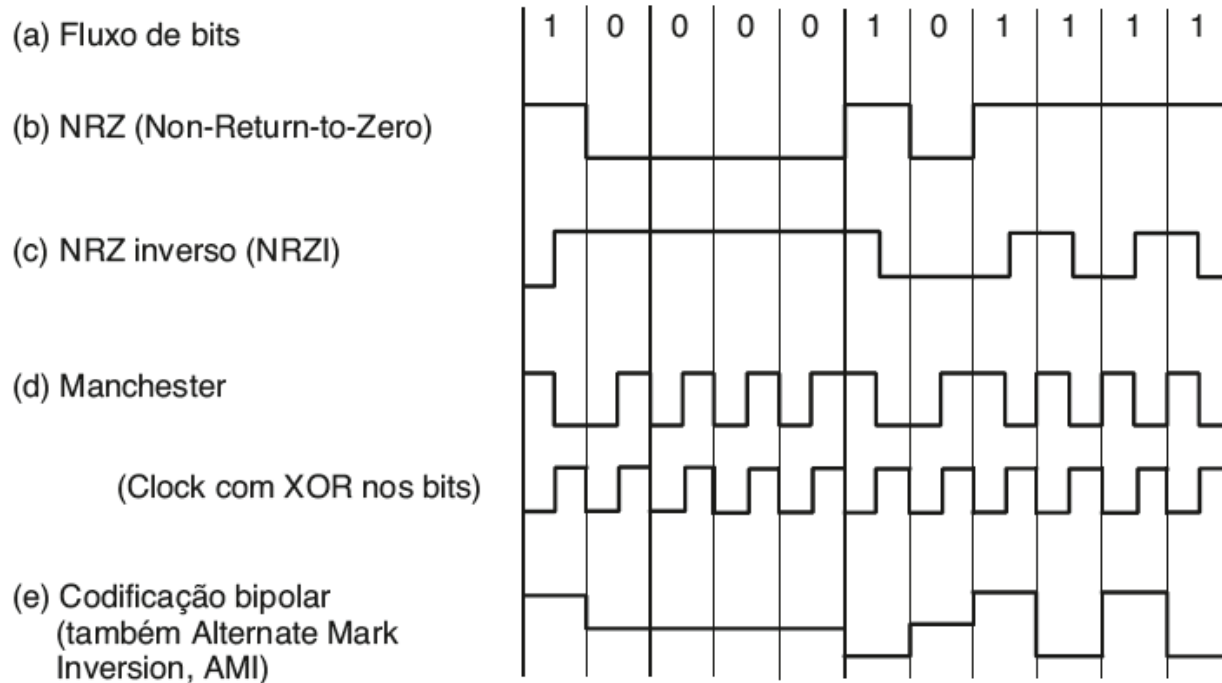


Retransmitindo em terra.

Modulação digital e multiplexação

- Transmissão em banda base
- Transmissão em banda passante
- Multiplexação por divisão de frequência
- Multiplexação por divisão de tempo
- Multiplexação por divisão de código

Transmissão em banda base



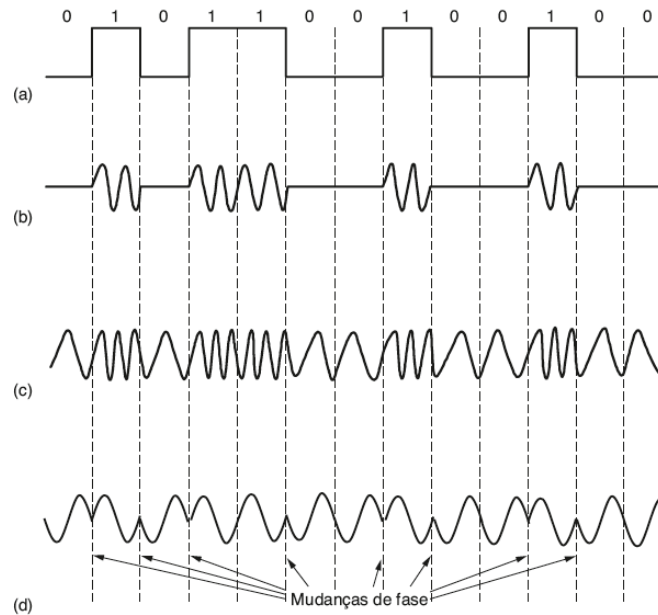
(a) Bits, (b) NRZ, (c) NRZI, (d) Manchester, (e) Bipolar ou AMI.

Recuperação de clock

Dados (4B)	Código (5B)	Dados (4B)	Código (5B)
0000	11110	1000	10010
0001	01001	1001	10011
0010	10100	1010	10110
0011	10101	1011	10111
0100	01010	1100	11010
0101	01011	1101	11011
0110	01110	1110	11100
0111	01111	1111	11101

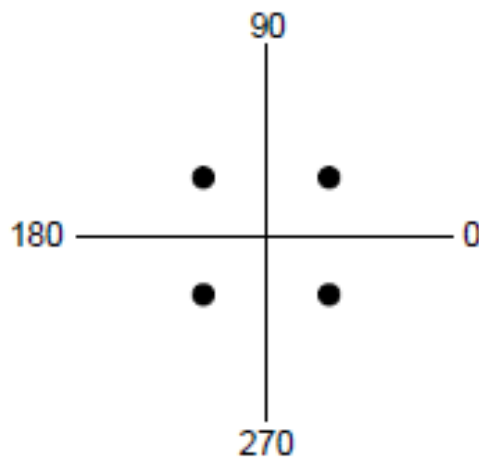
Mapeamento 4B/5B.

Transmissão em banda passante

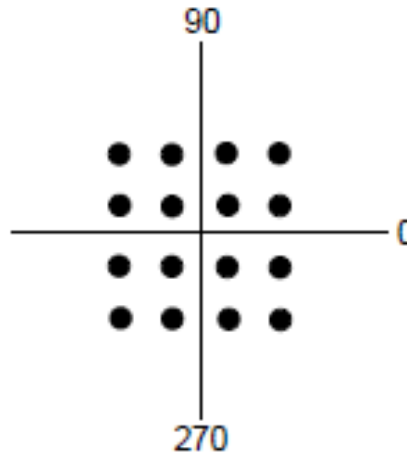


- (a) Sinal binário. (b) Chaveamento por mudança de amplitude.
(c) Chaveamento por mudança de frequência.
(d) Chaveamento por mudança de fase.

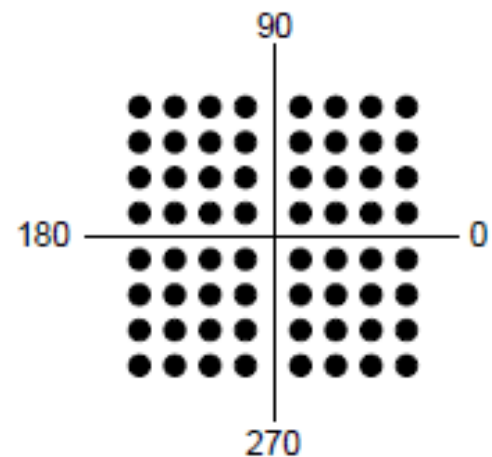
Transmissão em banda passante



(a)



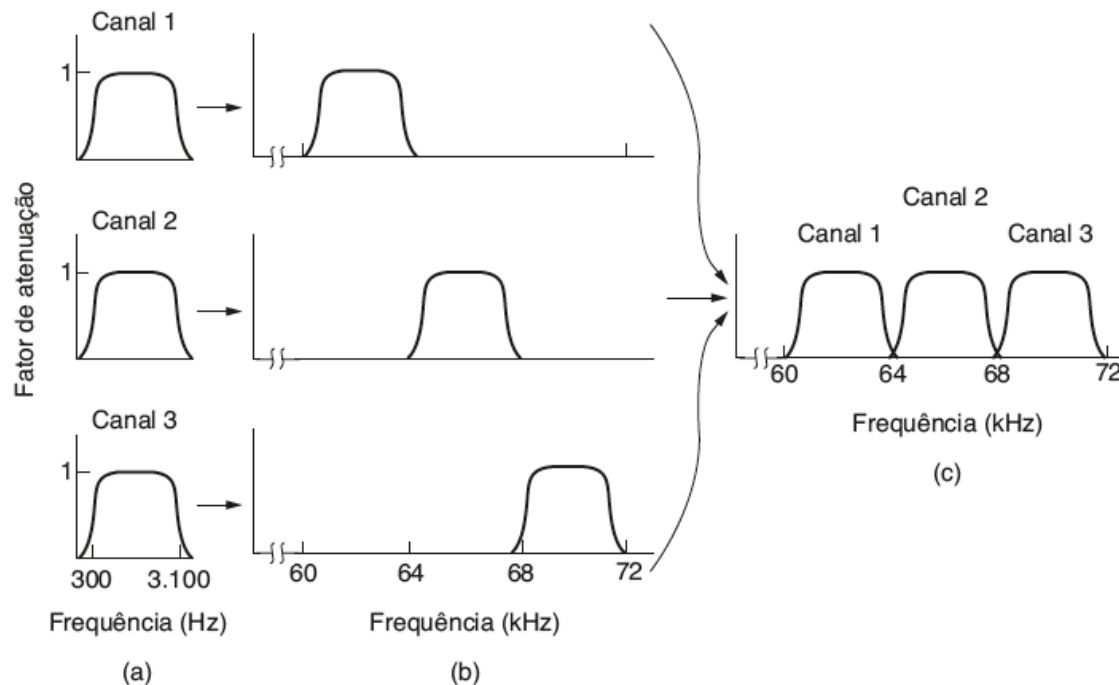
(b)



(c)

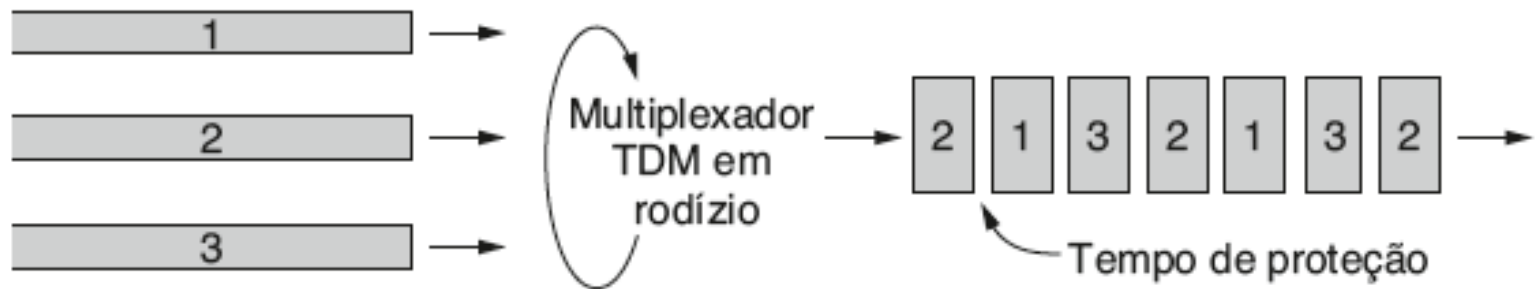
(a) QPSK. (b) QAM-16. (c) QAM-64.

Multiplexação por divisão de frequência



(a) Largura de banda original. (b) Aumento da largura de banda com a frequência. (c) Canal multiplexado.

Multiplexação por divisão de tempo

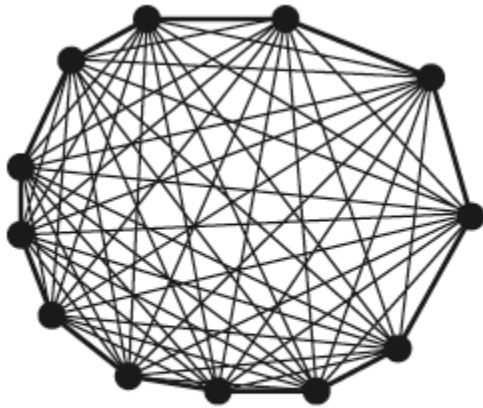


Multiplexação por divisão de tempo (TDM).

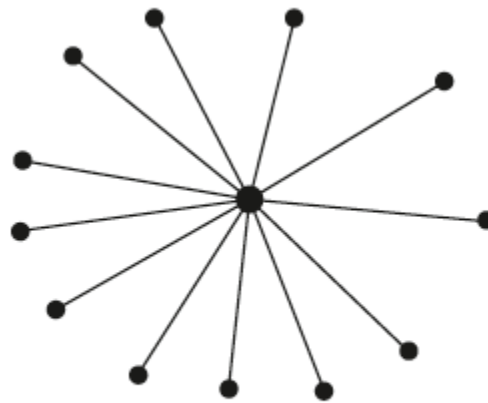
Rede de telefonia pública comutada

- Topologia do sistema de telefonia
- Políticas do sistema de telefonia
- Circuito terminal: modems, ADSL e fibra
- Troncos e multiplexação
- Comutação

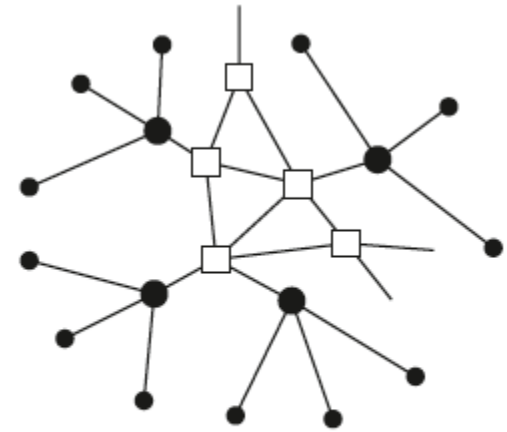
Topologia do sistema de telefonia



(a)



(b)



(c)

(a) Rede completamente interconectada.

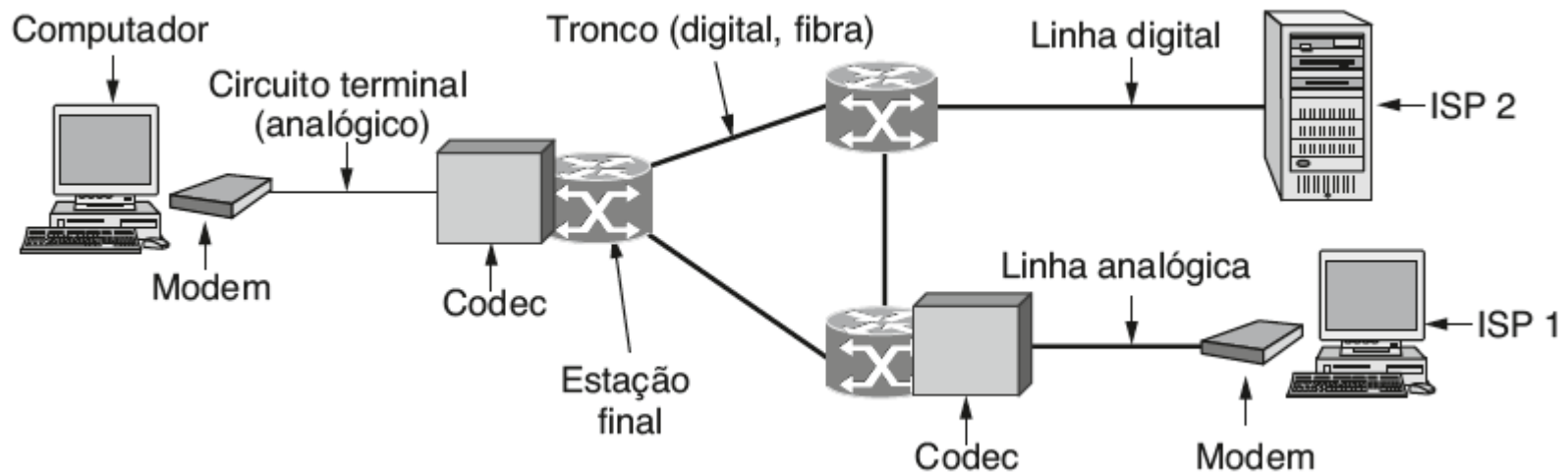
(b) Comutação centralizada. (c) Hierarquia em dois níveis.

Topologia do sistema de telefonia

Componentes importantes

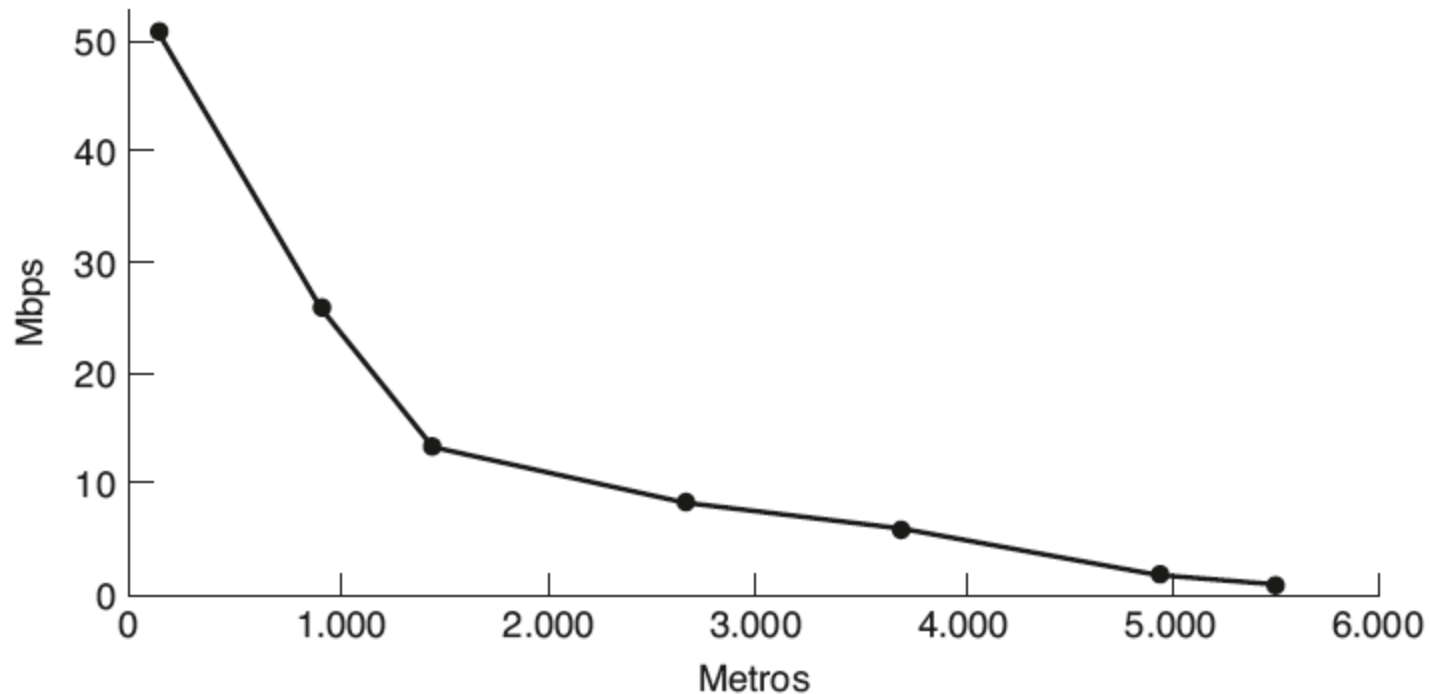
1. Circuitos terminais analógicos em par trançado para uso doméstico e comercial.
2. Troncos (links de fibra óptica digital entre ambientes comutados).
3. Ambientes comutados (as chamadas são encaminhadas entre os troncos).

Modems de telefones



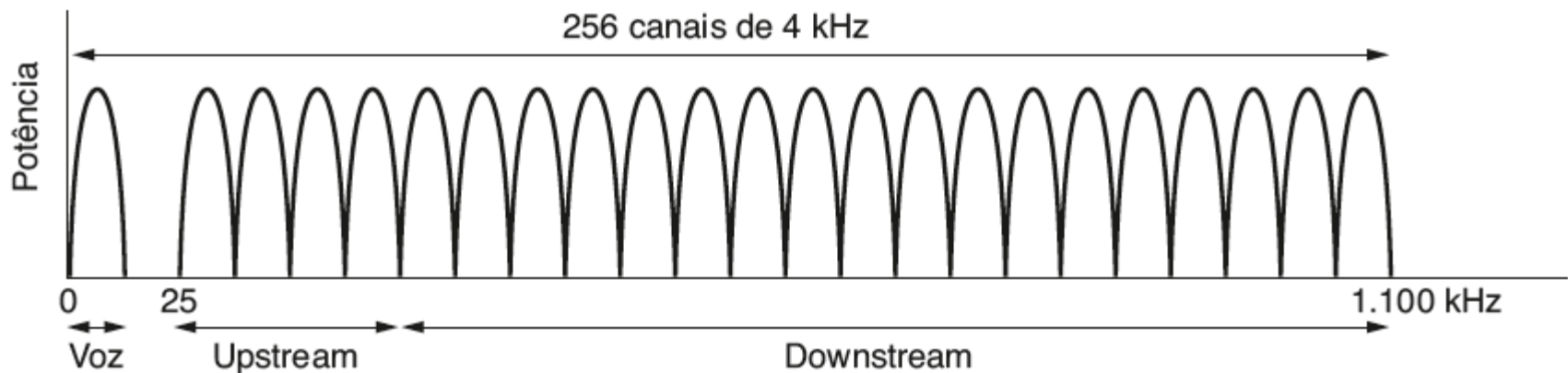
Uso de transmissão analógica e digital entre computadores.
Conversão feita por modems e codecs.

Linha digital do assinante



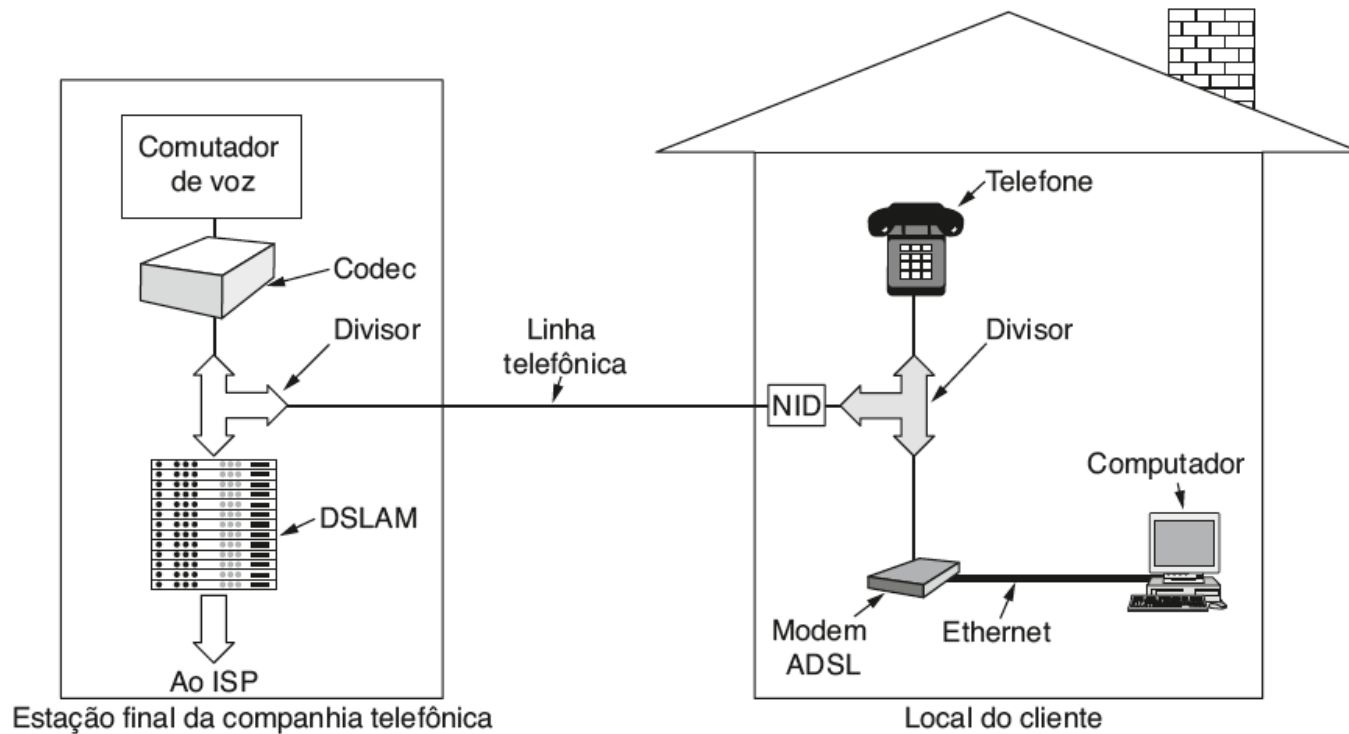
Largura de banda e distância no CAT3 UTP para o DSL.

Linha digital do assinante



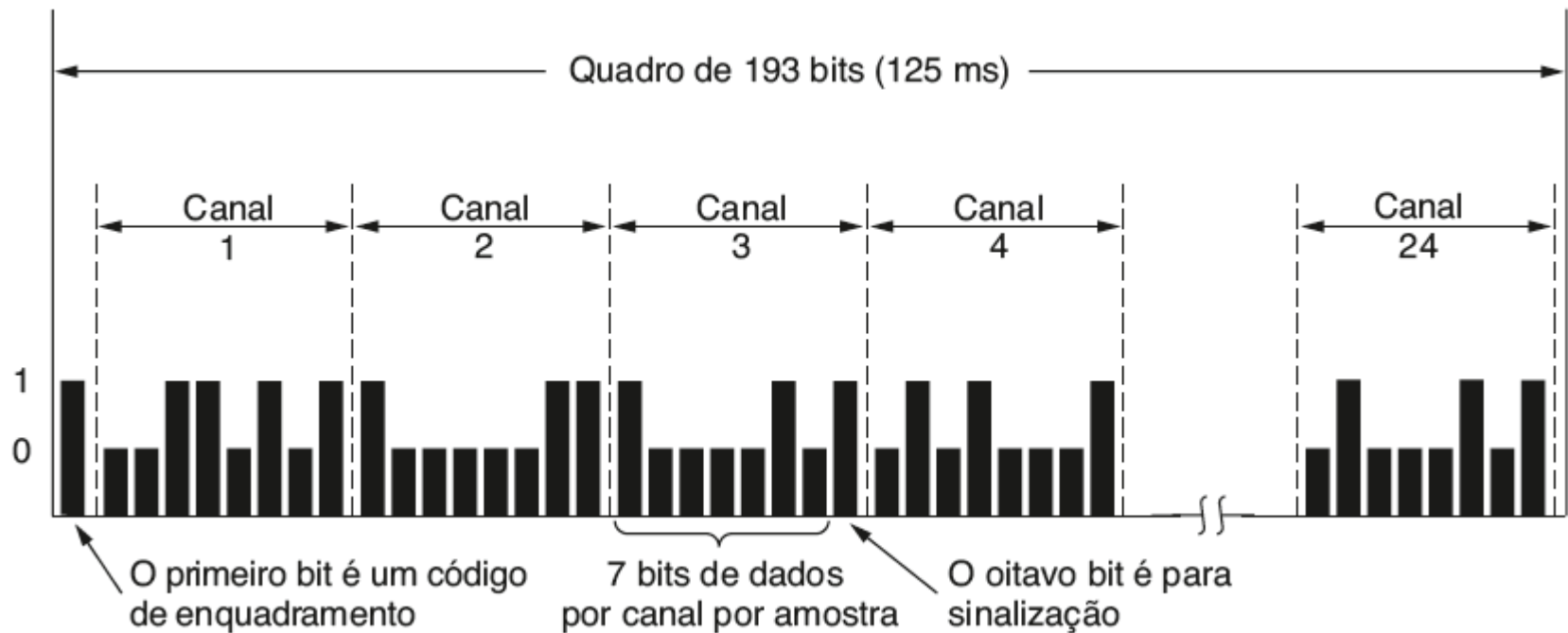
Operação de um ADSL usando modulação multiton discreta.

Linha digital do assinante



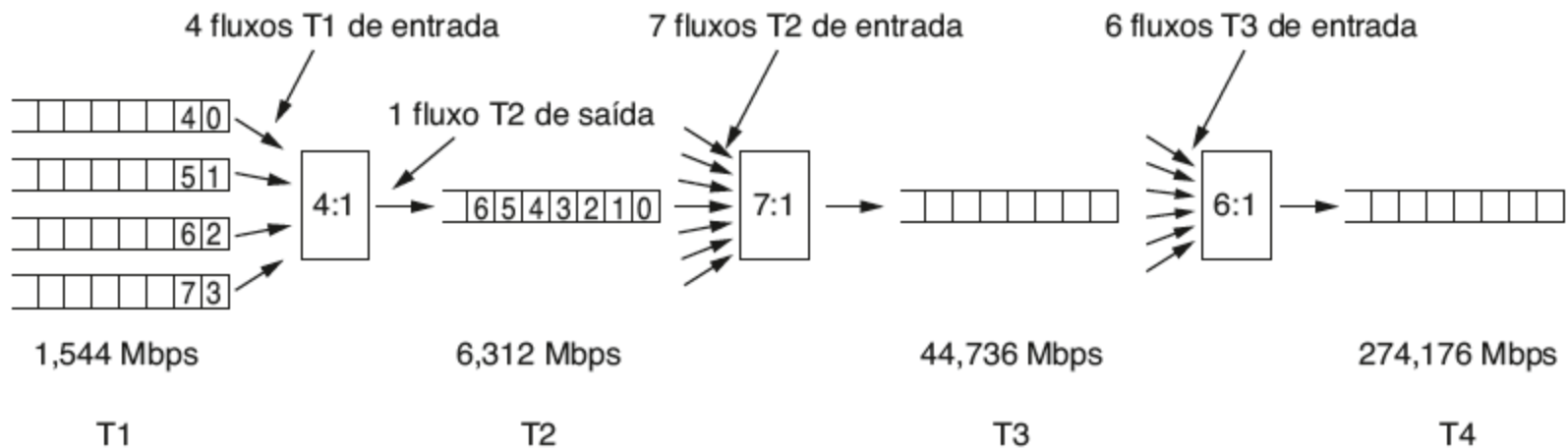
Configuração típica de um dispositivo ADSL.

Multiplexação por divisão de tempo



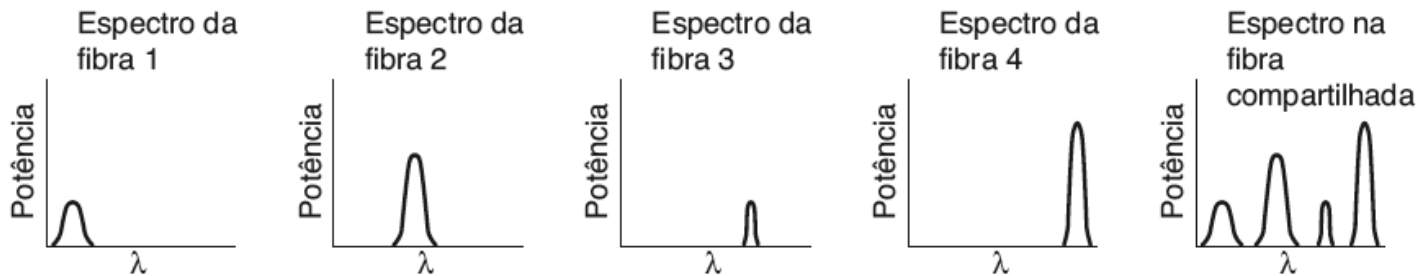
Portadora T1 (1.544 Mbps).

Multiplexação por divisão de tempo



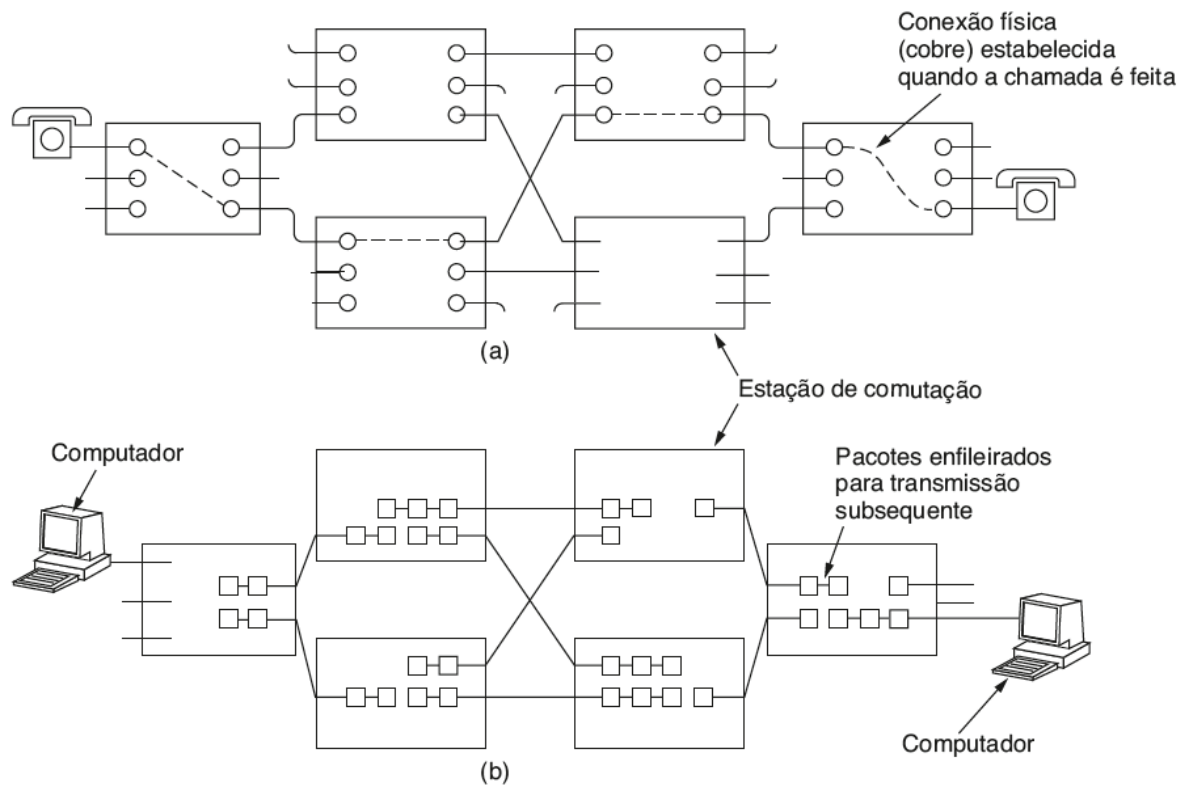
Multiplexação de streams T1 em portadoras mais altas.

Multiplexação por divisão de comprimento de onda



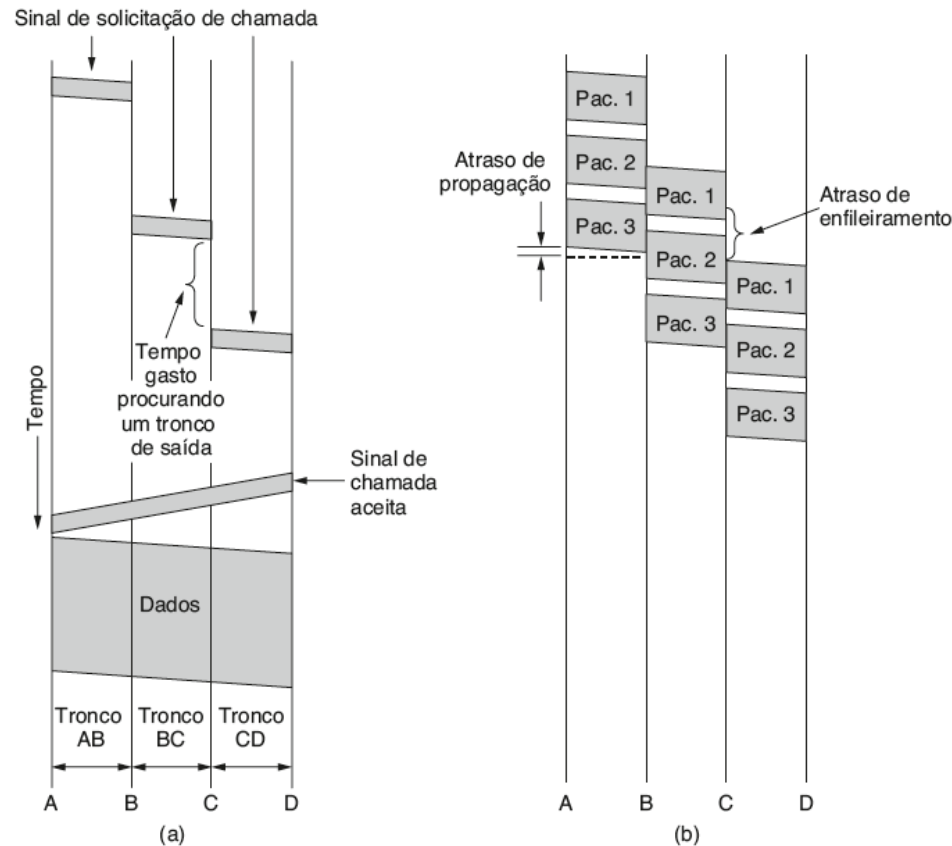
Multiplexagem por divisão de comprimento de onda.

Comutação de circuitos/ Comutação de pacotes



(a) Comutação de circuito. (b) Comutação de pacote.

Comutação de circuitos/ Comutação de pacotes



Cronologia de eventos em (a) comutação de circuitos,
(b) comutação de pacotes.

Comutação de circuitos/ Comutação de pacotes

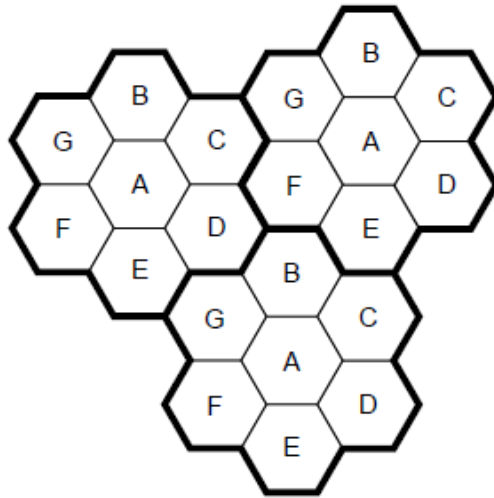
Item	Comutação de circuitos	Comutação de pacotes
Configuração de chamadas	Obrigatória	Não necessária
Caminho físico dedicado	Sim	Não
Cada pacote segue a mesma rota	Sim	Não
Os pacotes chegam em ordem	Sim	Não
A falha de um switch é fatal	Sim	Não
Largura de banda disponível	Fixa	Dinâmica
Momento de possível congestionamento	Durante a configuração	Em todos os pacotes
Largura de banda potencialmente desperdiçada	Sim	Não
Transmissão store-and-forward	Não	Sim
Tarifação	Por minuto	Por pacote

Comparação entre redes de comutação de circuitos e redes de comutação de pacotes.

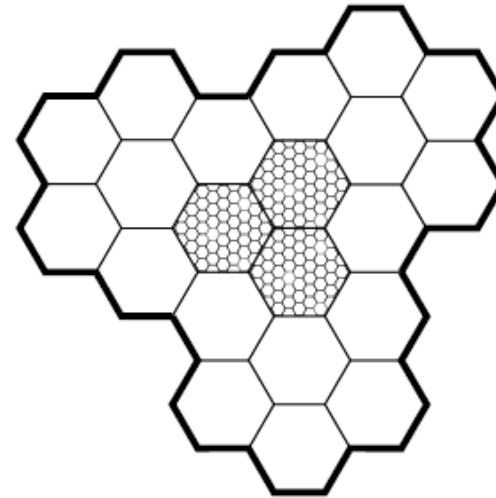
Sistema de telefonia móvel

- Primeira geração (1G): voz analógica para telefones móveis
- Segunda geração (2G): voz digital para telefones móveis
- Geração 2,5G: GPRS (dados separados da voz em pacotes)
- Terceira geração (3G): voz digital + dados para telefones móveis, usando tecnologias como:
WCDMA, HSDPA, CDMA2000 e EVDO
- Quarta geração (4G): Tecnologias 4G devem habilitar VoIP, dados e streaming multimídia a altas taxas, usando tecnologias como o LTE e UMB.

Sistema avançado de telefonia móvel



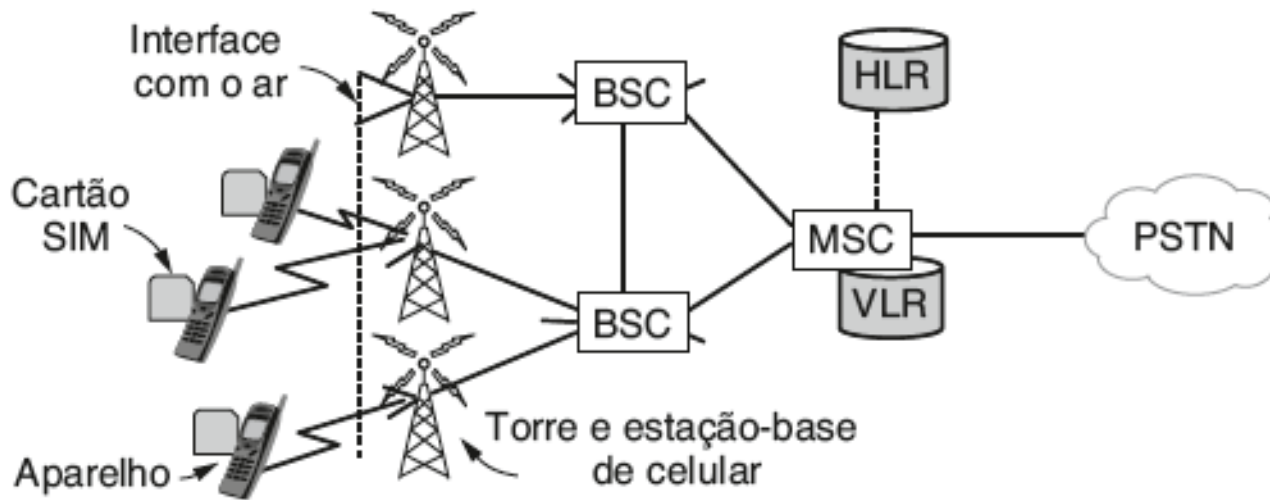
(a)



(b)

- (a) As frequências não são reutilizadas em células adjacentes.
- (b) Para mais usuários, células menores podem ser usadas.

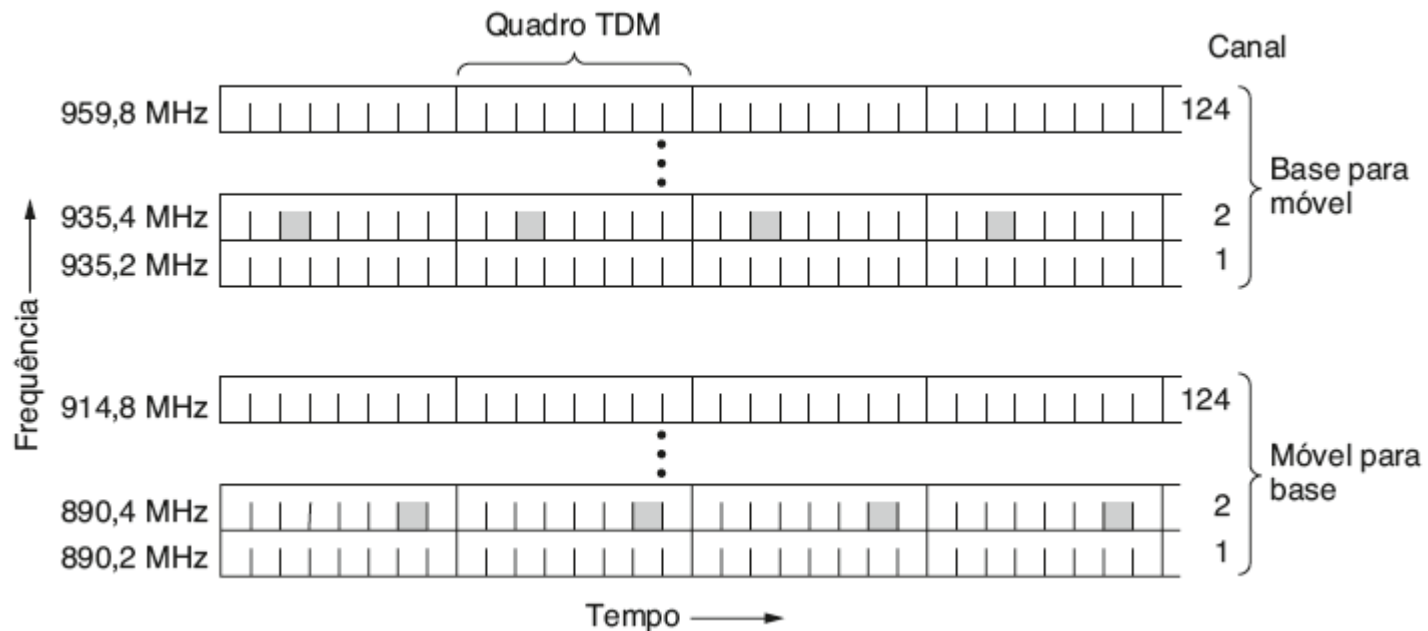
GSM – O sistema global de comunicação móvel



BSC – Base Station controller
MSC – Mobile Switching Center
HLR – Home Location Register
VLR – Visitor Location Register

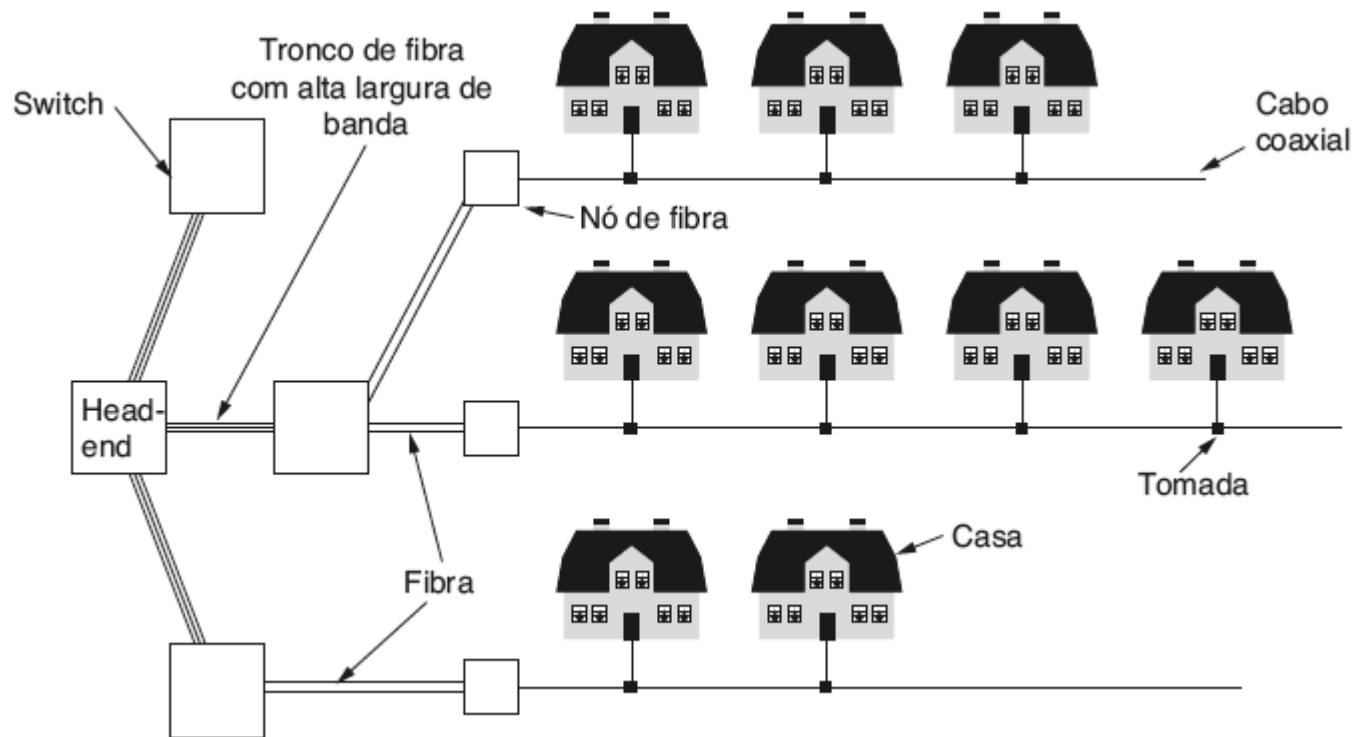
Topologia da rede móvel GSM.

GSM – O sistema global de comunicação móvel



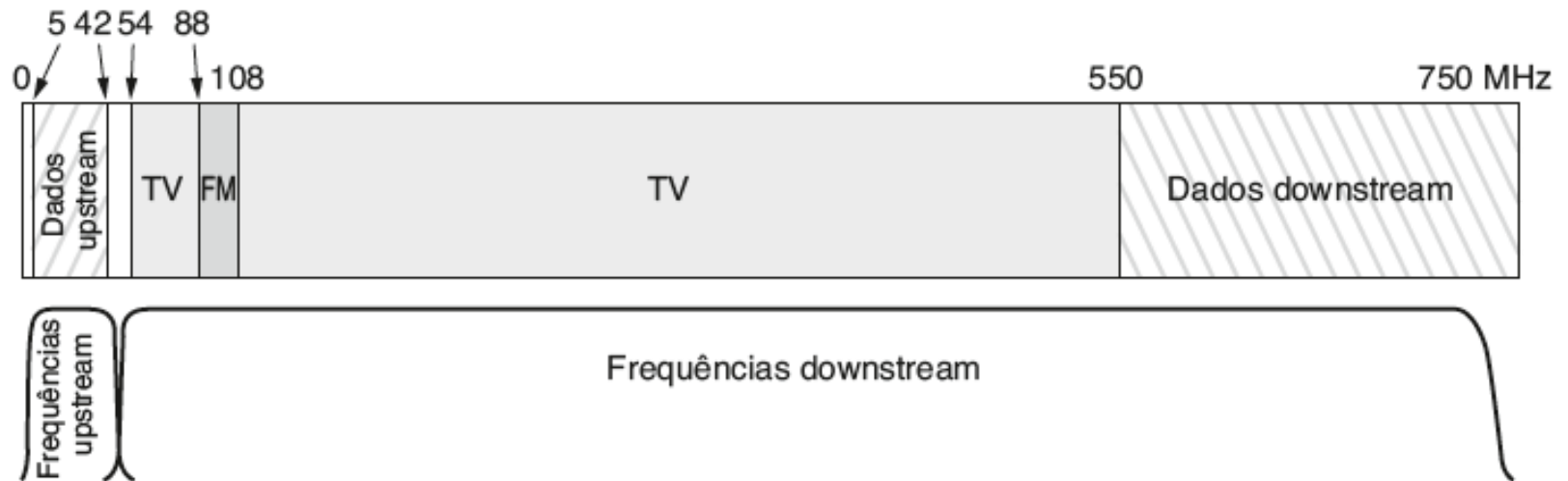
O GSM usa 124 canais de frequência,
cada canal usa 8 slots TDM.

Internet a cabo



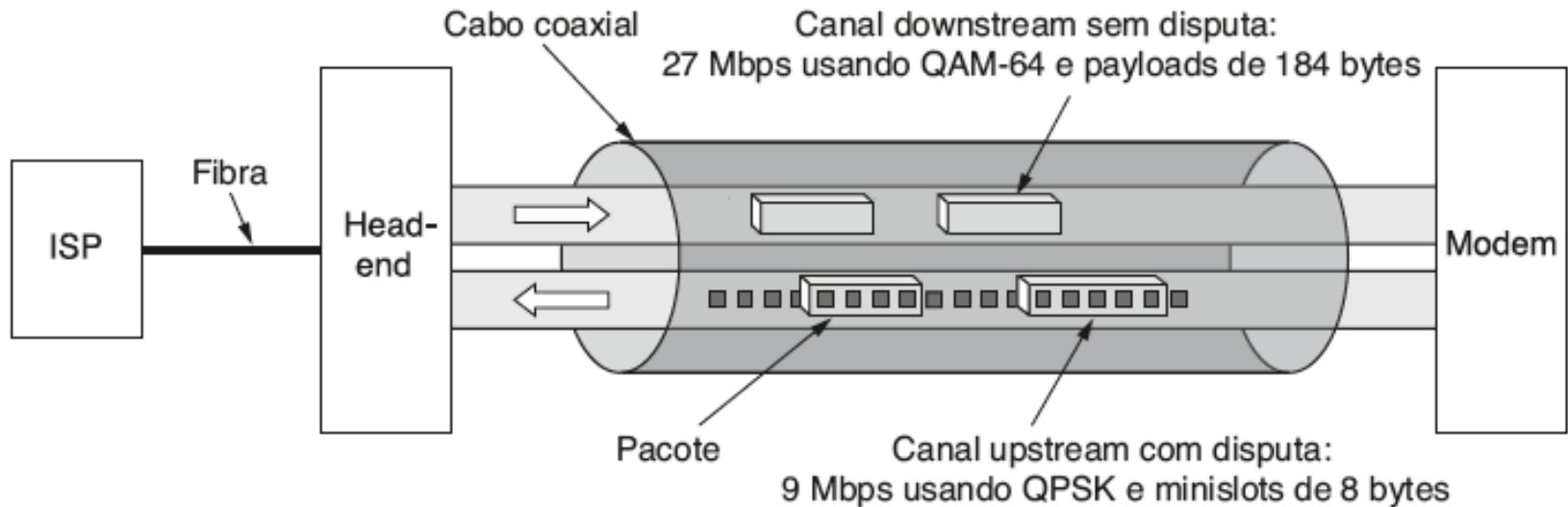
TV a cabo.

Alocação do espectro



Alocação de frequência em um típico sistema de TV a cabo usado para acesso à Internet.

Modems a cabo



Detalhes comuns dos canais de downstream e upstream na América do Norte.