

CAMADA FÍSICA

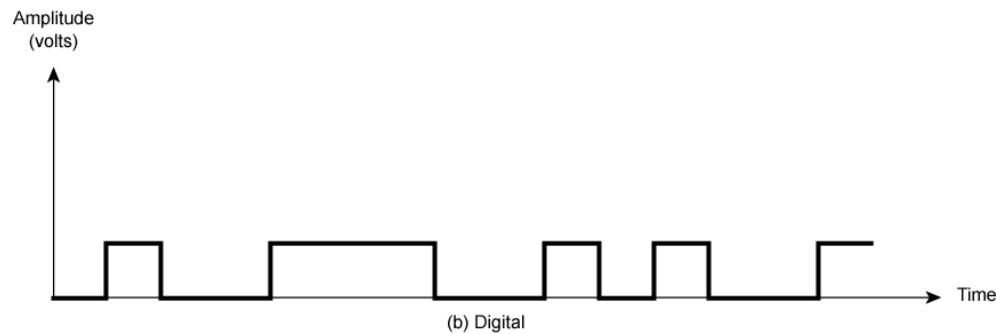
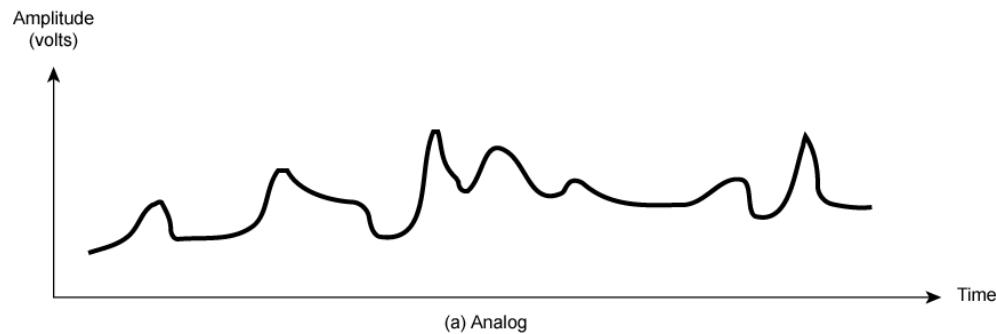
Marcelo Augusto Rauh Schmitt

Responsabilidade / função

- Definição das interfaces mecânica, elétrica e de temporização com a rede.
- Transportar um fluxo de bits de uma máquina a outra.

Transmissão de informação

- A informação é transmitida em um determinado cabo através da variação de uma determinada propriedade física (voltagem, intensidade da corrente)

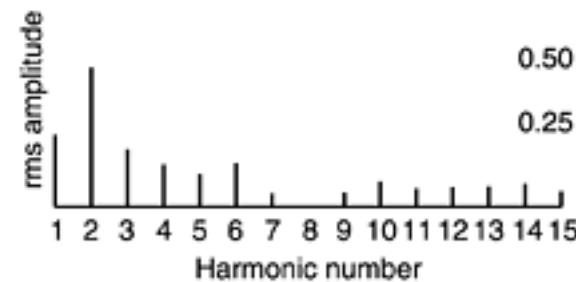
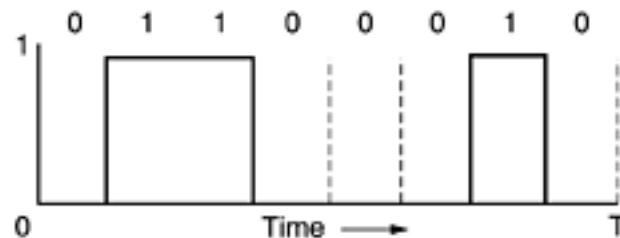


Componentes do sinal

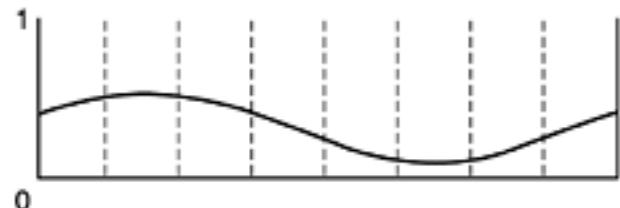
- Análise de Fourier
 - Início do século XIX - Jean-Baptiste Fourier
 - Qualquer função periódica pode ser construída como a soma de infinitas funções senoidais e cossenoidais.
 - Série de Fourier – decomposição da função original



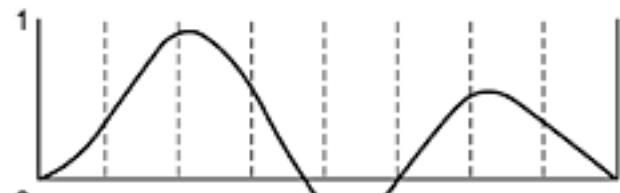
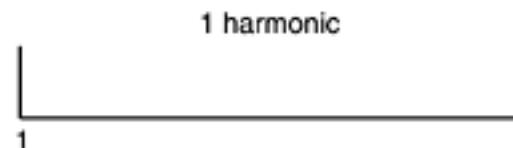
Análise de Fourier



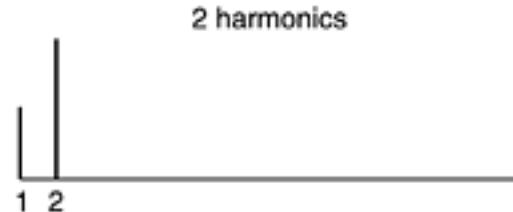
(a)



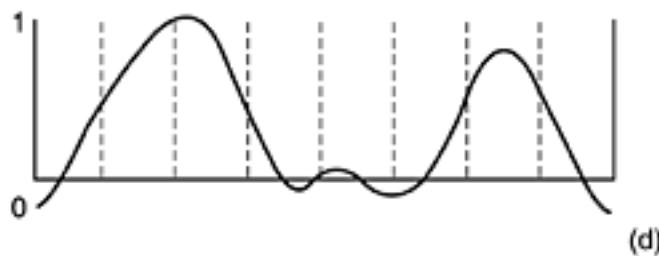
(b)



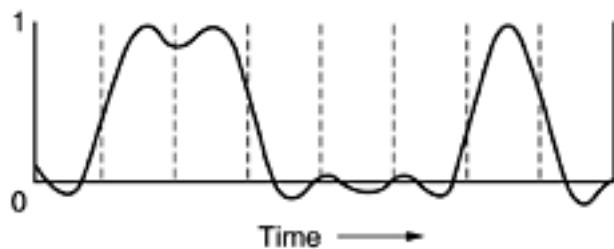
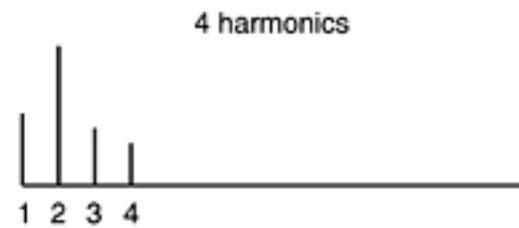
(c)



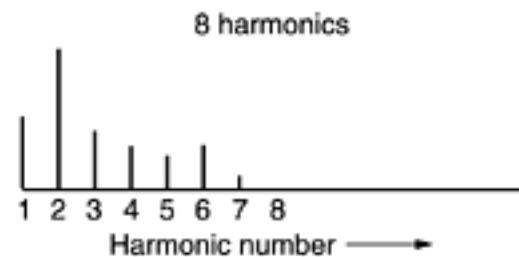
Análise de Fourier



(d)

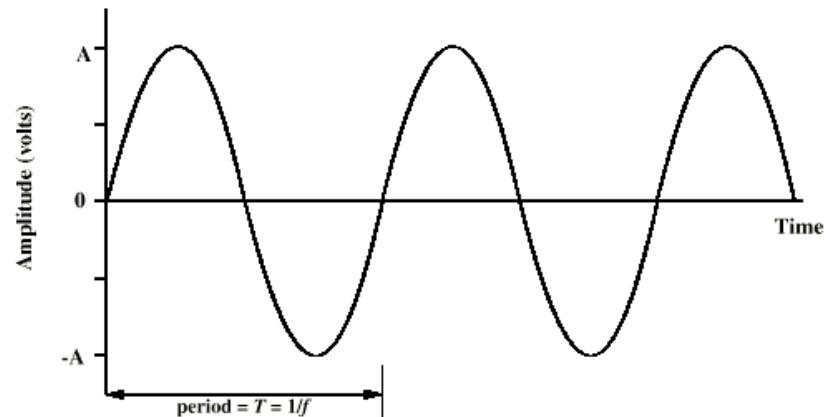


(e)

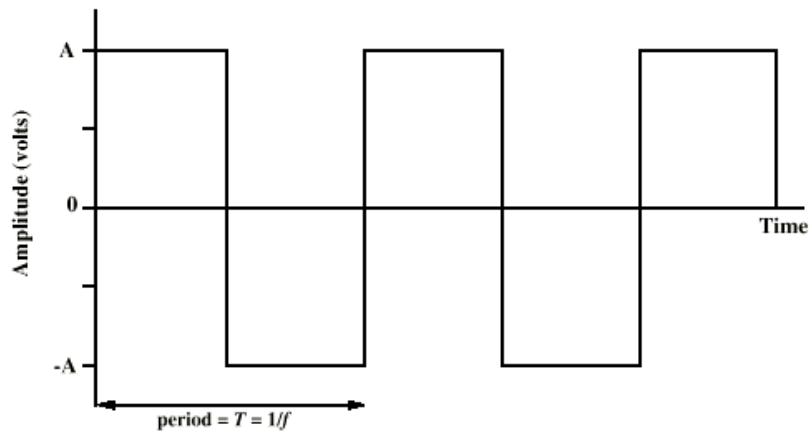


Componentes do sinal

- Peak Amplitude (A)
 - maximum strength of signal
 - volts
- Frequency (f)
 - Rate of change of signal
 - Hertz (Hz) or cycles per second
 - Period = time for one repetition (T)
 - $T = 1/f$
- Phase (ϕ)
 - Relative position in time

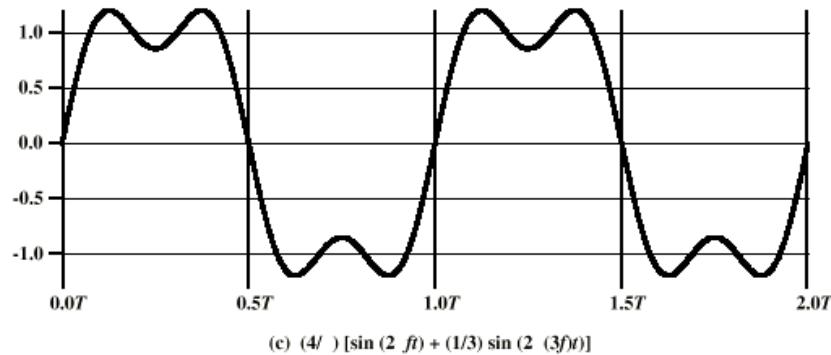
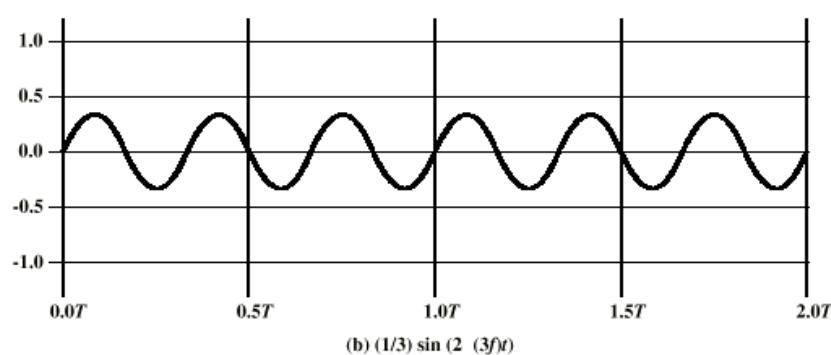
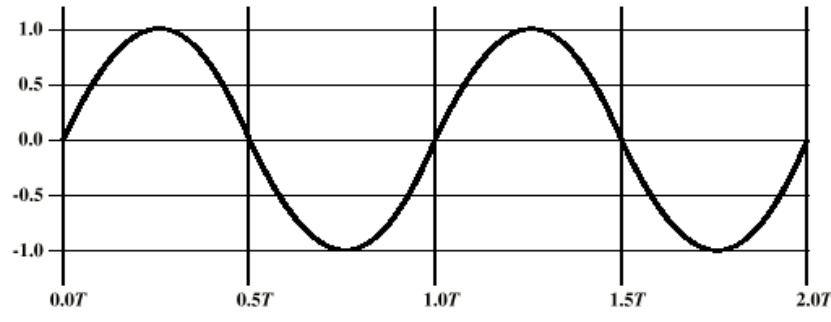


(a) Sine wave



(b) Square wave

Componentes do sinal



Capacidade do canal

- O espectro de um sinal é a faixa de frequências que ele contém (banda passante).
- A largura de banda de um sinal é a largura do espectro.
- Quanto maior a largura de banda, maior a capacidade de transportar informações.

Capacidade do canal

- Conceitos determinantes da velocidade possível
 - Cada meio de transmissão apresenta diminuição de potência de cada componente do sinal em quantidade diferente – distorção do sinal por atenuações diferentes
 - Precisa-se de alguns harmônicos para o sinal ser comprehensível no receptor
- Banda passante
 - O intervalo de frequências em que não ocorre grande atenuação é chamado de banda passante

Capacidade do canal

- Henry Nyquist – 1924 (engenheiro da At&T)
 - Mesmo um canal perfeito apresenta uma limitação de transmissão
 - Se a banda passante de um canal é H , então o sinal transmitido pode ser reconstruído com $2H$ amostras por segundo
 - Velocidade = $2 \times H$ bauds
 - Exemplo:
 - Canal com 3KHz
 - Velocidade máxima = 6000 bauds



Capacidade do canal

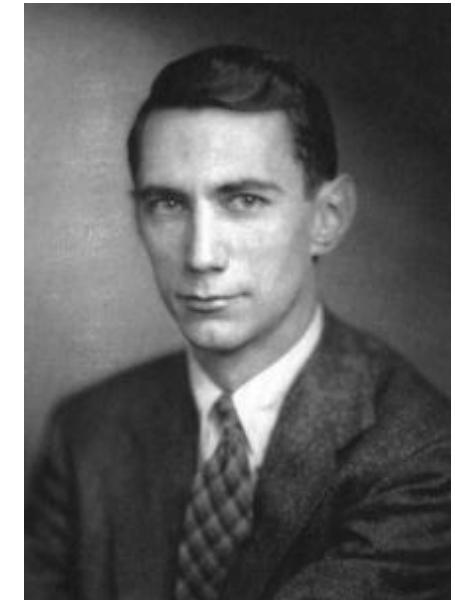
- O que é baud
 - Unidade de velocidade de transmissão de dados
 - Pulsos por segundo
 - Mudanças de nível por segundo
- Relação baud / bps
 - $\text{bps} = \text{baud} \times (\text{número de bits por pulso})$
 - $\text{baud} = \text{bps} / (\text{número de bits por pulso})$
 - número de bits por pulso = $\log_2(\text{níveis de pulso})$

Capacidade do canal

- Nyquist
 - Tx máxima = $2H$ bauds
 - V corresponde aos número de níveis de um sinal
 - Tx máxima = $2H \log_2 V$ bits/segundo

Capacidade do canal

- Claude Shannon – 1948
 - Determinou os limites em um canal com ruído
 - Todo canal tem algum ruído térmico
 - Quantidade de ruído = S/N (razão da potência do sinal pela potência do ruído)
 - Ruído normalmente medido em decibéis
 - Decibel = $10 \log_{10} S/N$
 - Tx máxima = $H \log_2 (1+S/N)$



Decibel

- Unidade logarítmica para medir relações
- Facilita cálculos e visualizações

dB	power ratio
100	10 000 000 000
90	1 000 000 000
80	100 000 000
70	10 000 000
60	1 000 000
50	100 000
40	10 000
30	1 000
20	100
10	10
3	1.995
1	1.259
0	1
-10	0.1
-20	0.01
-30	0.001
-40	0.000 1
-50	0.000 01
-60	0.000 001
-70	0.000 000 1
-80	0.000 000 01
-90	0.000 000 001
-100	0.000 000 000 1

Digital vs Analógico / Discreto vs Contínuo

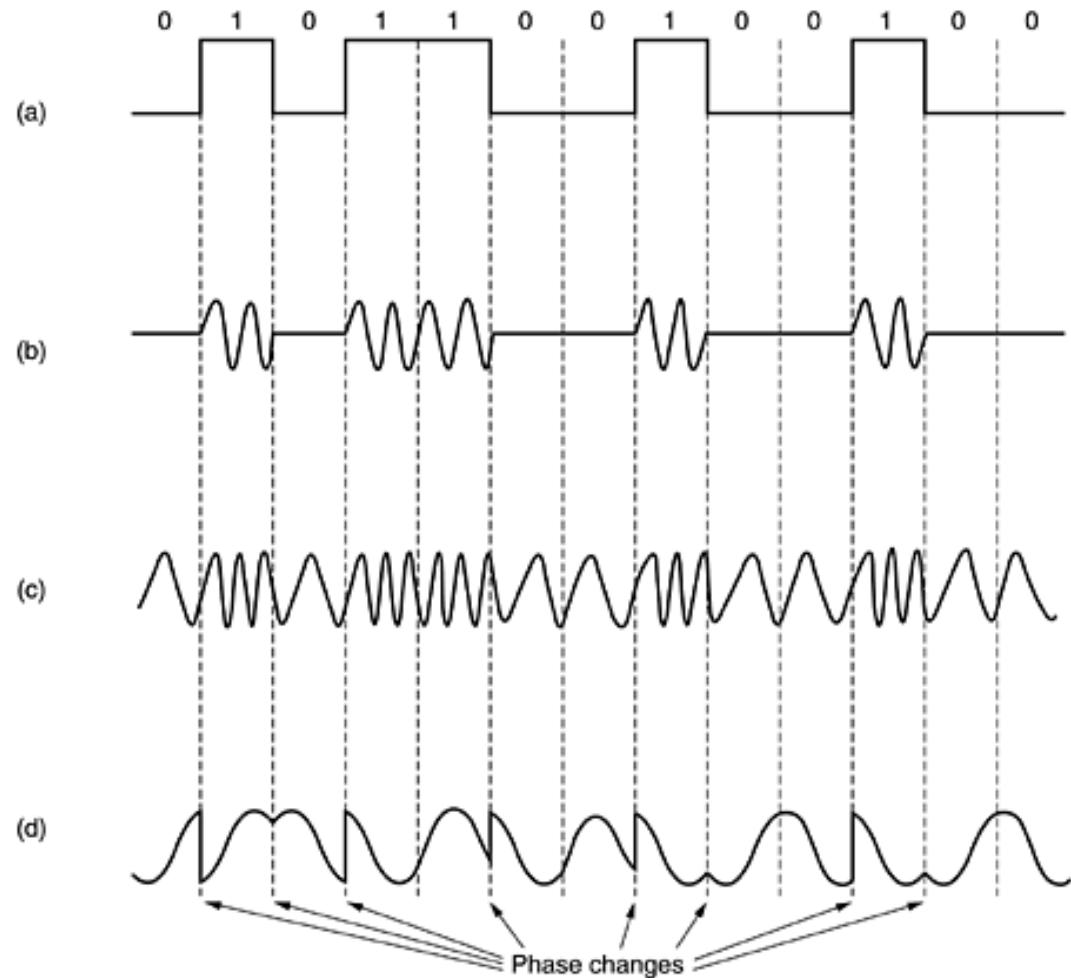
- Dados (informação)
 - Textos, dados binários - voz, vídeo
- Transmissão (comunicação de dados)
 - TV digital vs TV convencional
- Sinalização (propagação física)
 - Próximo slide

Digital vs Analógico / Discreto vs Contínuo

- Sinalização
 - Banda base (*baseband* – DC – sinalização digital)
 - Sinal digital colocado no meio
 - Usa toda a banda, a partir das frequências mais baixas
 - Não suporta distância grande
 - Barata
 - Somente em meios de cobre
 - Com modulação (*broadband* – AC – sinalização analógica)
 - Modificação da característica de um sinal (portadora)
 - Modulação em amplitude
 - Modulação em frequência
 - Modulação em fase

Sinalização analógica

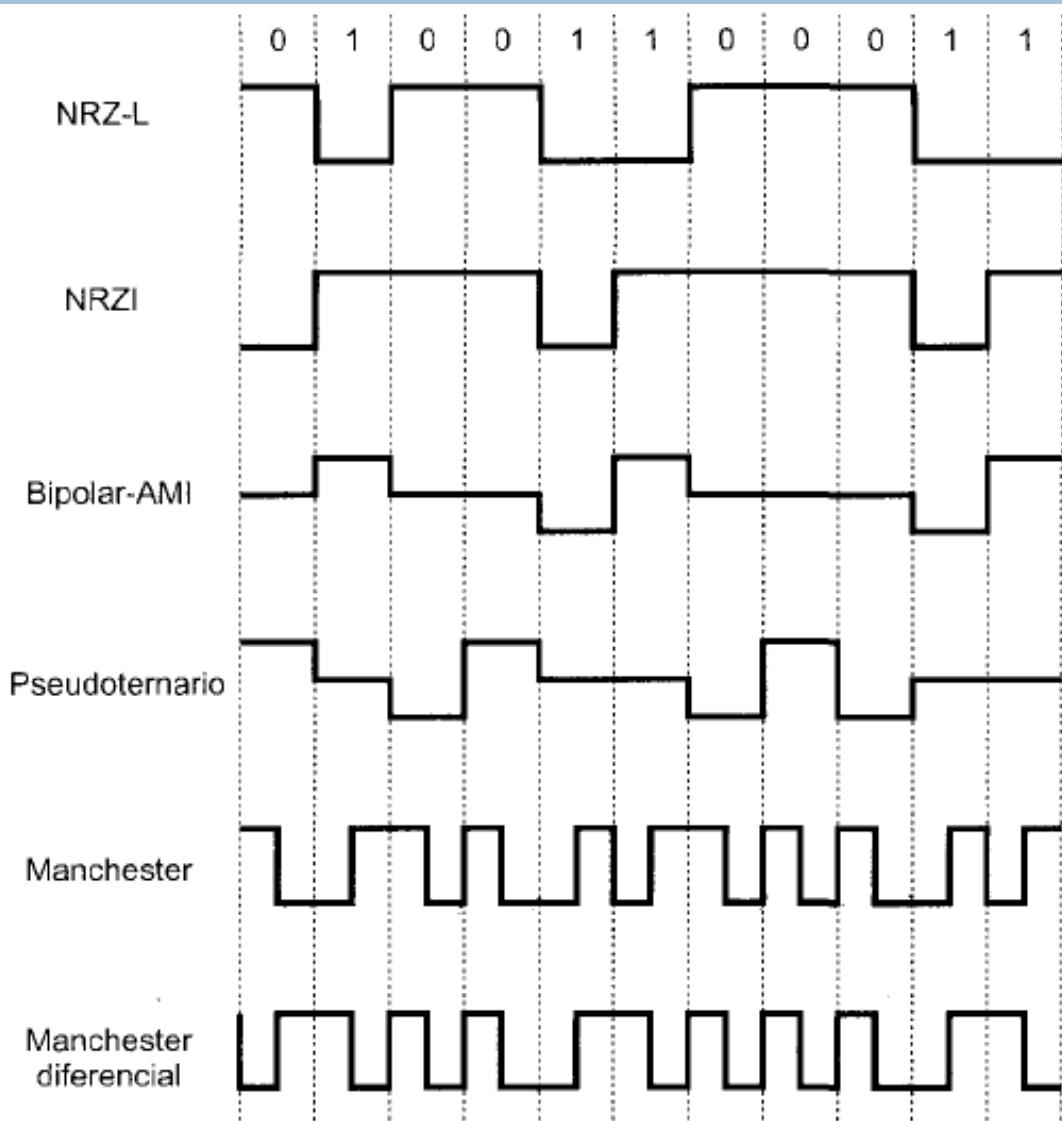
□ Modulações



Sinalização digital

- NRZ-L (Nonreturn-to-Zero-Level)
 - 1 voltagem negativa
 - 0 voltagem positiva
- NRZI (*invert on ones*)
 - 1 transição de sinal
 - 0 permanência de sinal
 - Melhor com ruídos e com inversão de cabo
- Manchester
 - Transição no meio do bit
 - Sincronização facilitada
 - Utilizada nas redes Ethernet

Sinalização digital



Tipos de transmissão

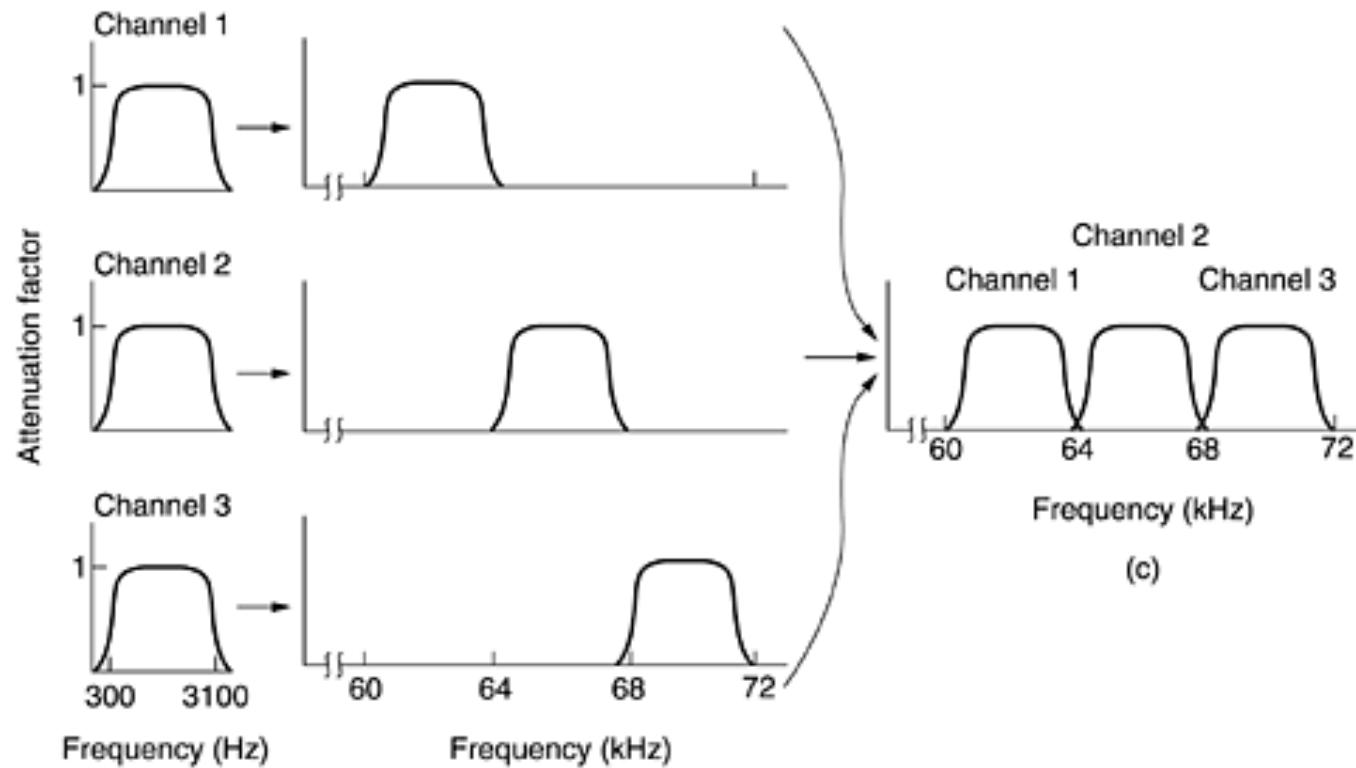
- Quanto à direção
 - Simplex – apenas uma direção - TV
 - Half-duplex – uma direção de cada vez – Rádio da polícia
 - Duplex – as duas direções simultaneamente - Telefone
- Quanto ao tipo de ligação ao meio
 - Ponto a ponto – apenas dois equipamentos
 - Multiponto – mais do que dois equipamentos
- Quanto ao sincronismo
 - Síncrona – sincronismo por caractere
 - Assíncrona – sincronismo por bloco de bits

Multiplexação

- Conceito
 - Dividir a capacidade de um meio de comunicação em fatias para serem utilizadas por diferentes fontes e destinos
- Tipos
 - Multiplexação em frequência (FDM – *Frequency Division Multiplexing*)
 - Multiplexação em tempo (TDM – *Time Division Multiplexing*)

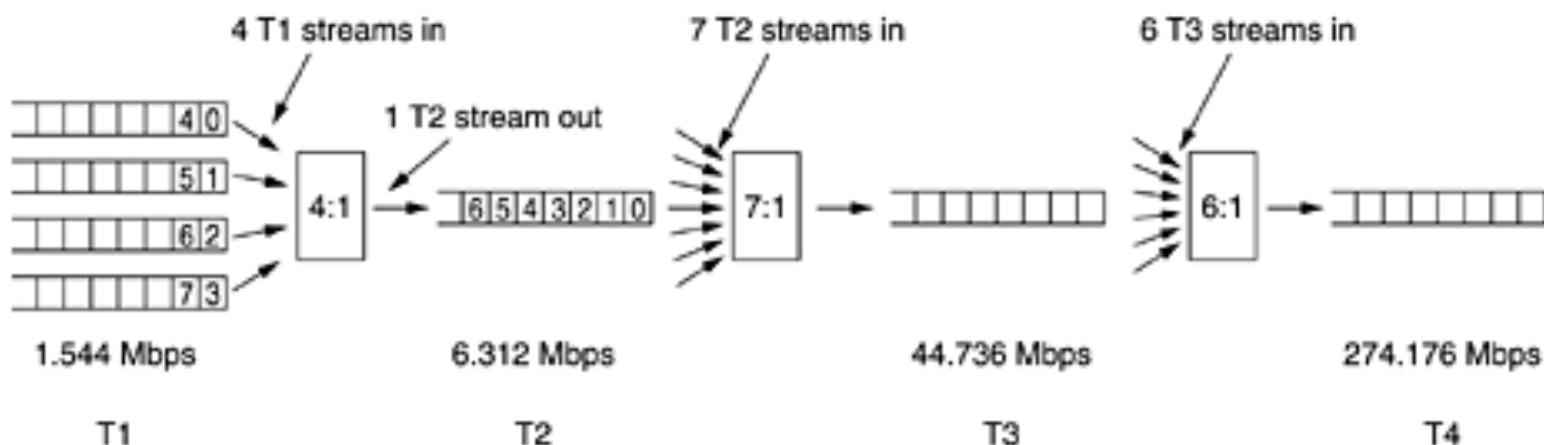
Multiplexação

□ Multiplexação em frequência (FDM)



Multiplexação

□ Multiplexação no tempo (TDM)



Tipos de meios de transmissão

- Quanto ao tipo físico
 - Meios guiados
 - Cabos de cobre
 - Fibra óptica
 - Meios não guiados (wireless)
 - Ondas eletromagnéticas
 - Radio
 - Microondas
 - Laser
 - Satélite

Deficiências de transmissão (meio dirigido)

- Atenuação
 - Mais alta em frequências maiores – distorção de atenuação – equalizadores de atenuação
 - Sinal analógico – amplificador (acumula distorção)
 - Sinal digital – repetidor (não acumula distorção)
- Distorção de retardo
 - Frequências diferentes apresentam velocidades de propagação diferentes
- Ruídos energia eletromagnética indesejada/sinal indesejado
 - Ruído térmico – agitação térmica dos elétrons no condutor – ruído branco
 - Ruído de intermodulação – compartilhamento de mesmo meio
 - Crosstalk – combinação elétrica ou sobreposição de sinais
 - Ruído impulsivo – pulso irregular de curta duração

Deficiências de transmissão (wireless)

- Perda de espaço livre
 - Dispersão do sinal
 - Maior em frequências menores
- Absorção atmosférica – atenuação pelo vapor d'água e oxigênio
 - 22GHz – água
 - 60Hz – oxigênio
- Multicaminho
 - Reflexão do sinal
- Refração
 - Curvatura das ondas de rádio quando se propagam pela atmosfera
- Ruído térmico

Par trançado não blindado (UTP)



- Por que torcer os pares
 - Dois fios paralelos constituem-se em uma antena
 - Evitar crosstalk
 - Quanto mais voltas, melhor
- Utilizado em telefonia – antigo, grande rede

Par trançado não blindado (UTP)

□ Características

- Custo baixo
- Ponto-a-ponto
- Atenuação grande
- Bastante suscetível a interferências
- Pode-se alcançar vários megabits/seg em alguns quilômetros (banda passante depende do diâmetro do fio)
- Transmissão analógica ou digital

□ Cabos

- Contém um ou mais de pares

Par trançado UTP

- Categorias de cabos
 - Definido pela EIA (*Electronic Industries Association*)
 - Classificação de 1 a 7 pela qualidade
 - Categoria 1 - Utilizado em
 - Categoria 2 – Usado em linhas T
 - **Categoria 3**
 - **4 pares**
 - **Largura de banda de 16MHz**
 - **Velocidades de 10Mbps (poderia suportar até 20Mbps)**

Par trançado

□ Categorias de cabos (continuação)

□ Categoria 4

- Redes Token Ring
- Largura de banda de 20MHz
- Velocidades de 20Mbps

□ Categoria 5

- 100MHz
- 100Mbps

□ Categoria 5e

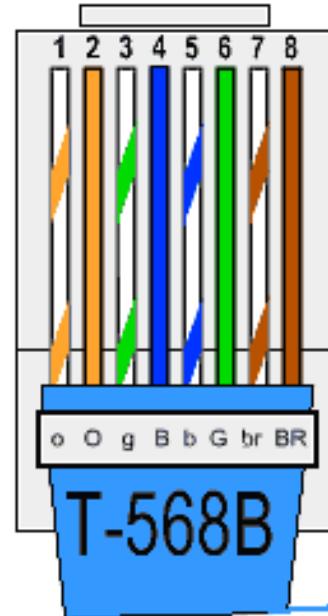
- 125MHz
- 1Gbps

Par trançado

- Categorias de cabos (continuação)
 - **Categoria 6**
 - **500MHz**
 - **1Gbps**
 - **Categoria 7**
 - **10Gbps**

Par trançado

□ Conectores

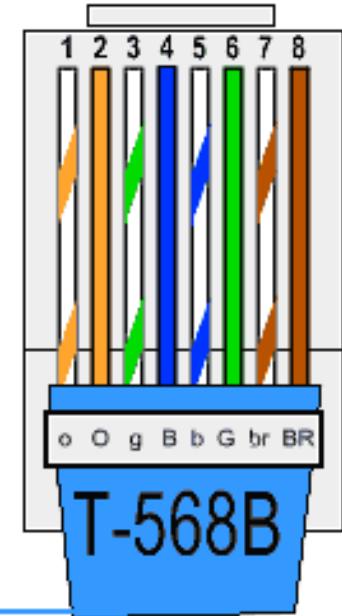


RJ-45 Plug

Pin 1



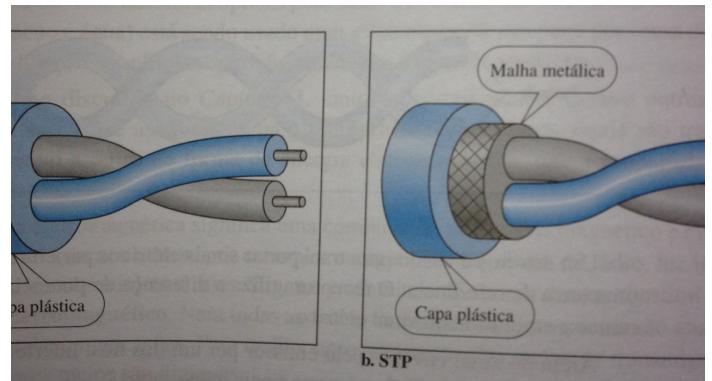
Clip is pointed
away from you.



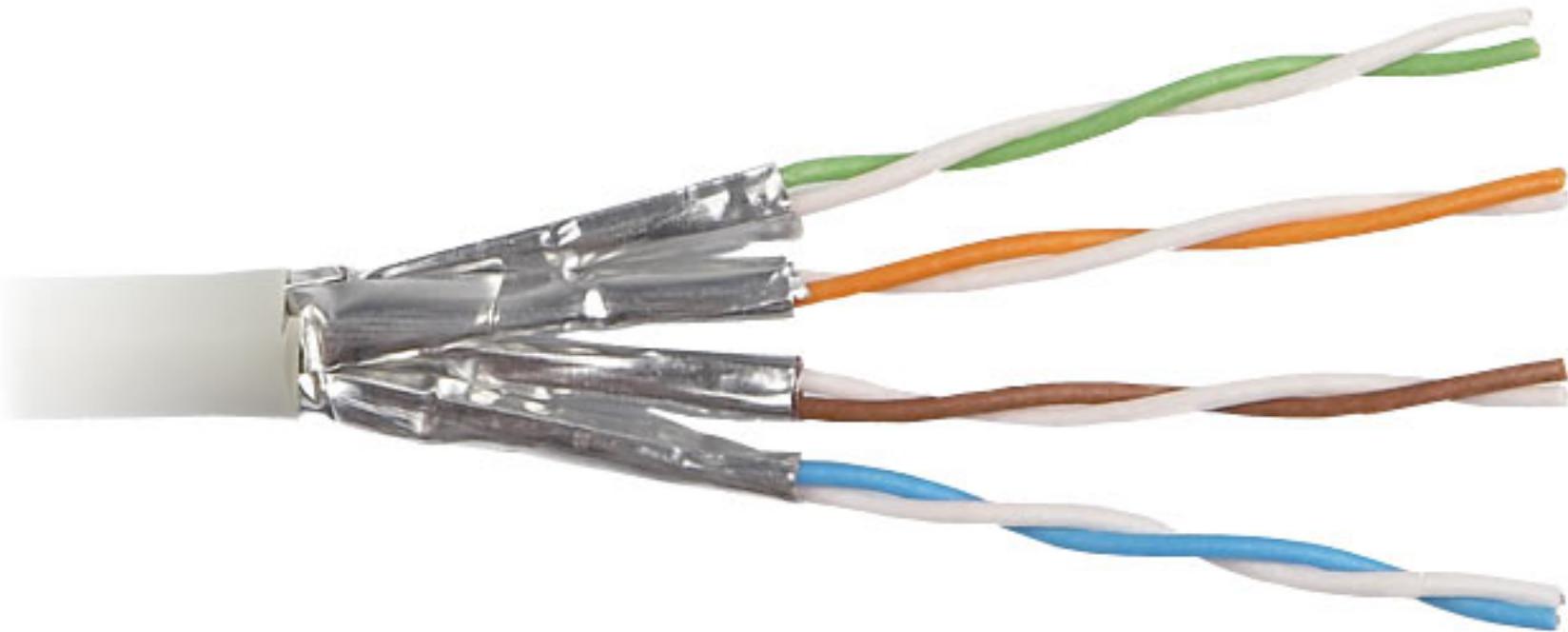
Par trançado blindado (STP)

□ Características

- Introduzido pela IBM nos anos 80
- Pouco utilizado
- Preço
- Dificuldade de manipulação
- Blindagem o torna mais imune a ruídos



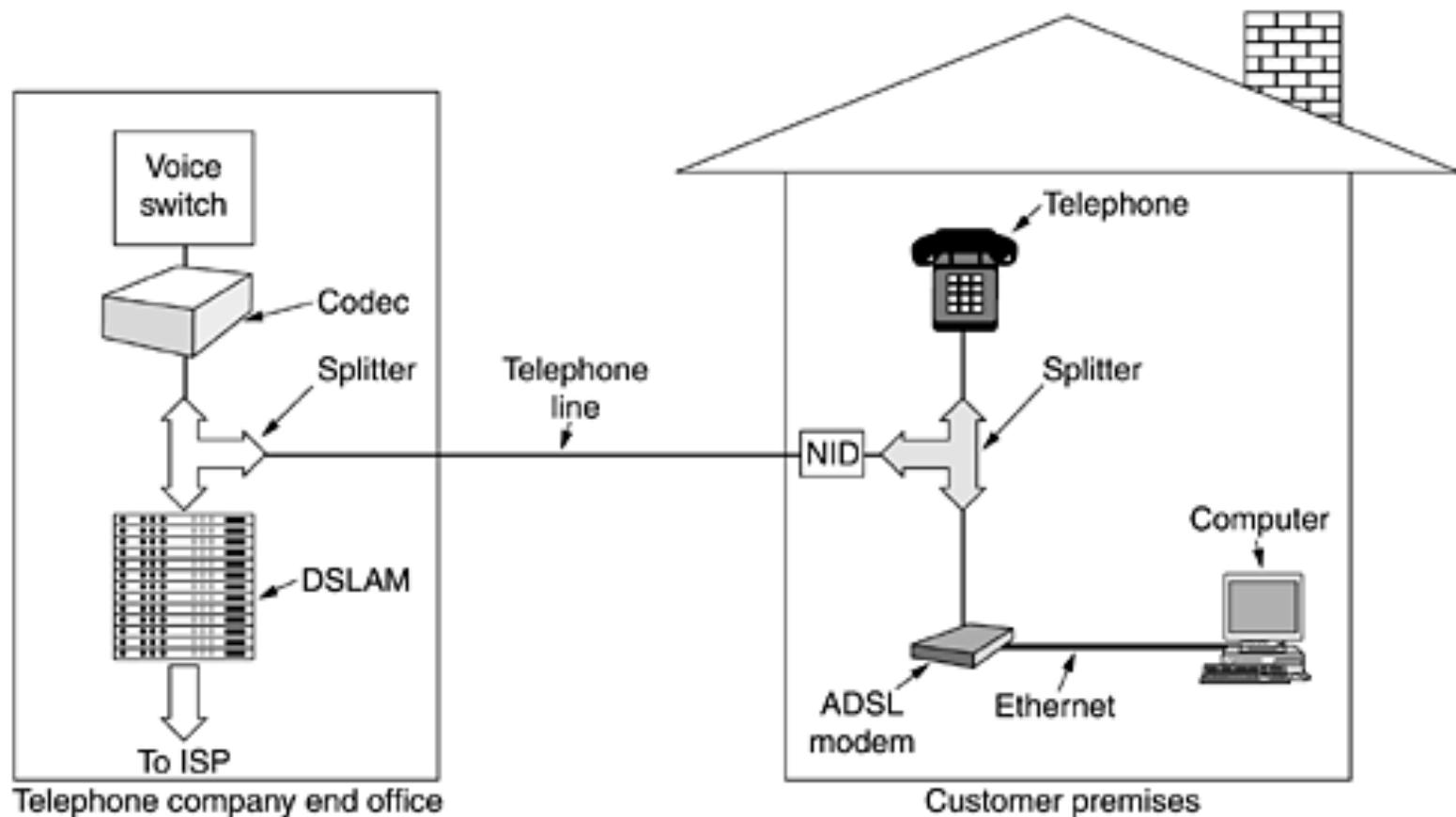
Cabo STP Categoria 6



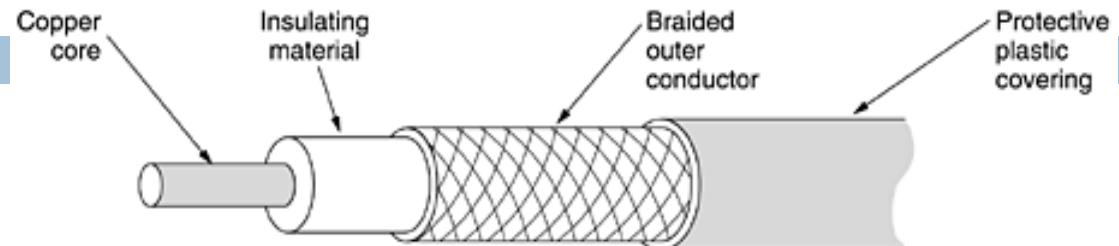
Par trançado (UTP) - telefone

- Grande rede
- Limitação de banda passante – 300-3400Hz
 - Modems de 56Kbps
- ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line)
 - Conexão a outro comutador

Par trançado (UTP) - Telefone



Cabo coaxial



□ Características

- Maior frequência do que o par trançado
 - Maior atenuação
 - Maior velocidade
- Melhor blindagem do que o par trançado
 - Maior imunidade a ruídos
- Multiponto
- Tipos
 - 50-ohm – transmissão digital
 - 75-ohm – transmissão analógica (CaTV) - MAN

Cabo coaxial

- Largura de banda dos cabos atuais
 - 1 GHz
- Utilização
 - CA-TV (160Km – 400Mbps)
 - MANs
- Conector mais usado
 - BNC

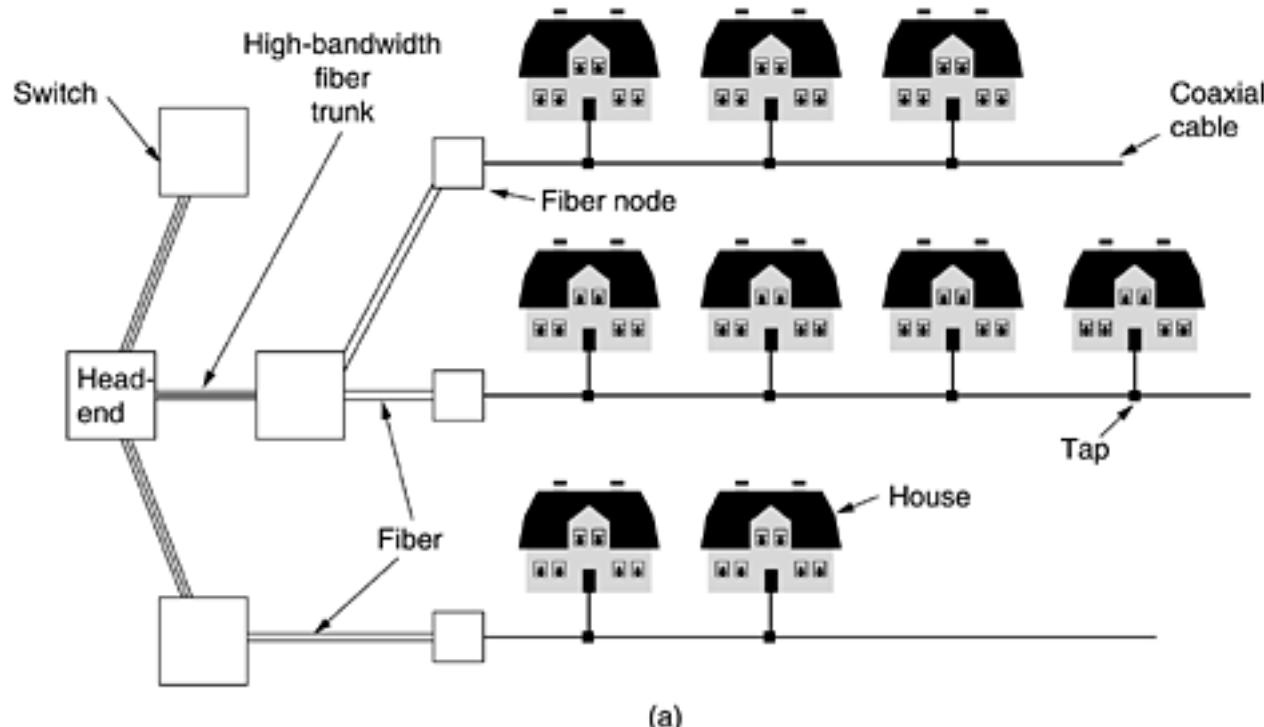


Aplicações

- Telefonia – uma cabo coaxial para 10.000 sinais de voz
- Ethernet original
- TV a Cabo e suas aplicações

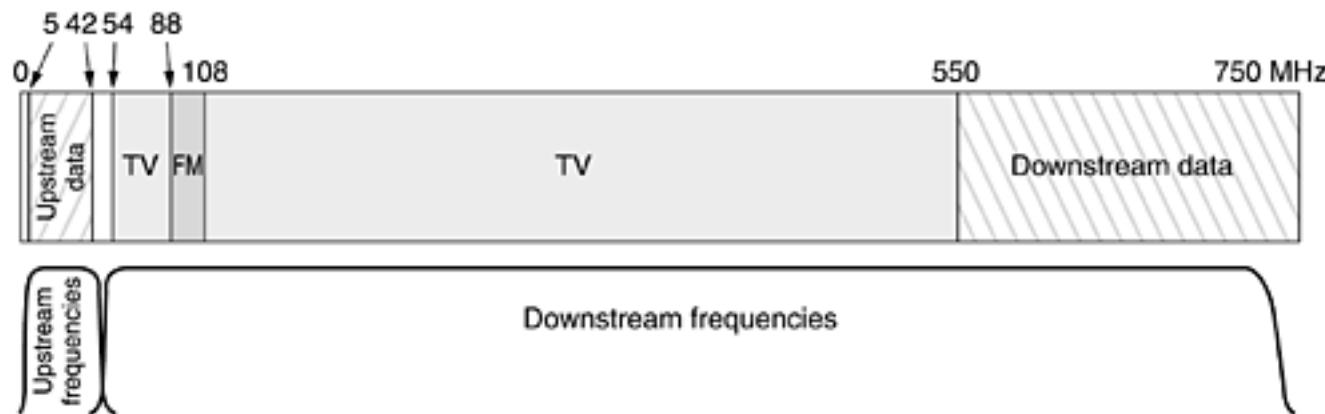
Cabo coaxial

□ CaTV (TV a cabo)



Cabo coaxial

□ CaTV



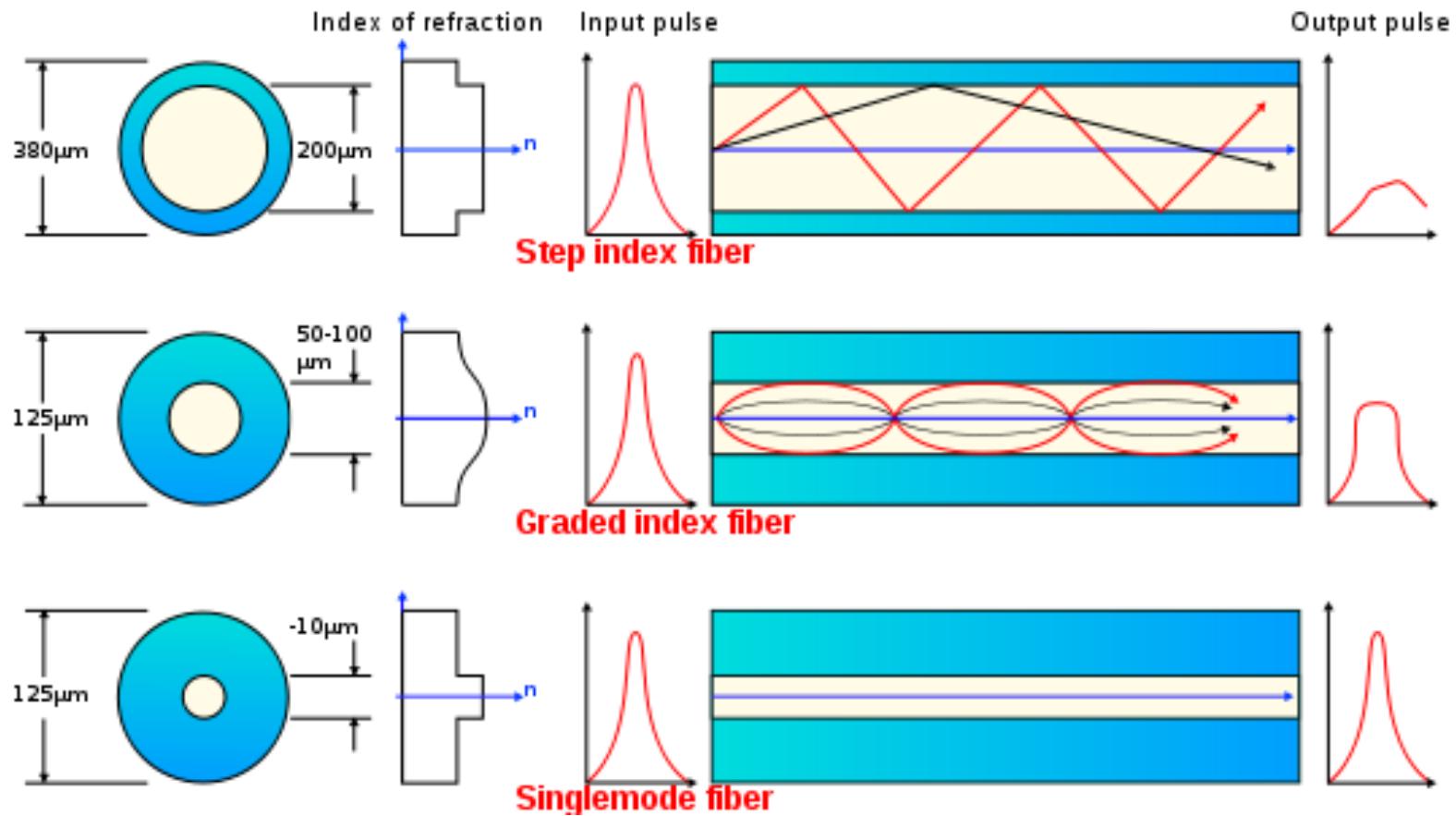
Fibra óptica

- Banda passante pode chegar a 50.000 Gbps (50 Tbps)
 - ▣ Limite – conversão do sinal elétrico para o sinal óptico
- Utilizada para redes locais até redes de longa distância
- Componentes do sistema
 - ▣ Fonte de luz
 - ▣ Meio de transmissão
 - ▣ Detector

Fibra óptica

- Vantagens em relação ao cabo de cobre
 - Largura de banda muito maior
 - Poucos repetidores necessários (a cada 50km)
 - Imune a ruídos
 - Não é corroída
 - Ocupa pouco espaço e é leve
 - 100 pares de cabos trançados de 1km – 8.000kg podem ser substituídos com vantagem por duas fibras que pesam apenas 100kg
 - Difícil monitoração
- Desvantagens em relação ao cabo de cobre
 - Exige mais cuidados na manipulação
 - Transmissão bidirecional necessita duas fibras
 - Interfaces mais caras

Fibra óptica



Fibra óptica

- Fibra multimodo
- Fibra monomodo (single-mode)
 - Fibra bastante fina
 - Luz propagada apenas em uma linha, sem “quicar”
 - Mais cara
 - Muito usada para longas distâncias (50Gbps para 100km sem amplificação)

Fibra óptica

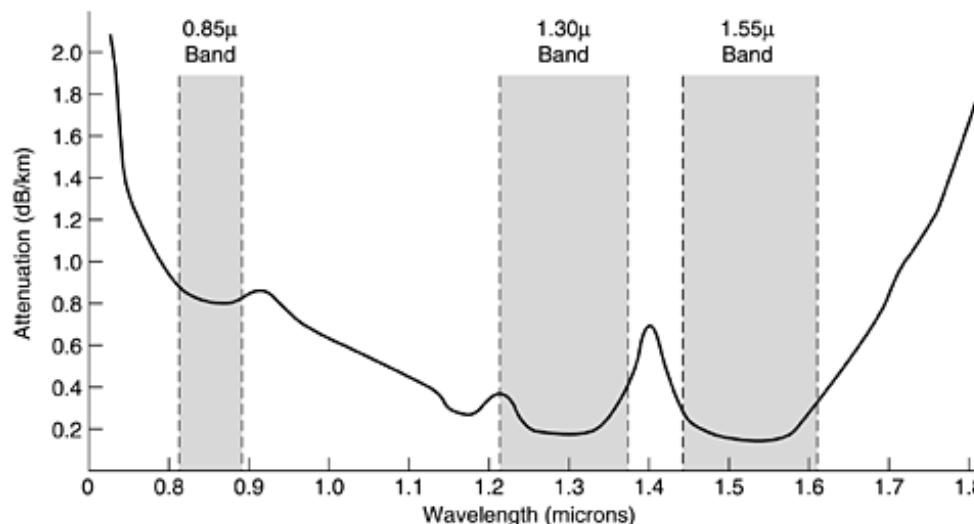
□ Bandas utilizadas

▫ Atenuação

- Comprimento de onda da luz
- Propriedades físicas do vidro
- Maior na banda centralizada em 0,85 microns

▫ Largura de banda

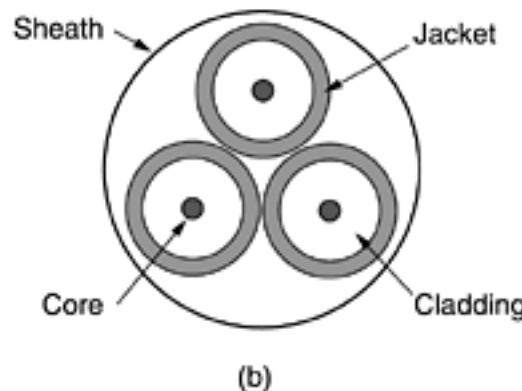
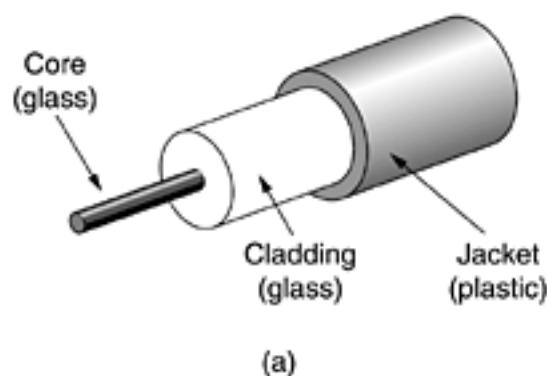
- Entre 25.000 e 30.000 GHz



Fibra óptica

□ Cabos

- Multimodo – diâmetro do núcleo = 50 microns
- Monomodo – diâmetro do núcleo = 8 a 10 microns



Fibra óptica

- Conexão
 - Conecotor engatado no socket
(10% de atenuação)
 - Emenda mecânica (5 a 10%
de atenuação)
 - Fusionadas (pouca atenuação)



Fibra óptica

- Fontes de luz
 - LED (*Light Emitting Diodes*)
 - Lasers de semicondutores

Item	LED	Semiconductor laser
Data rate	Low	High
Fiber type	Multimode	Multimode or single mode
Distance	Short	Long
Lifetime	Long life	Short life
Temperature sensitivity	Minor	Substantial
Cost	Low cost	Expensive

Fibra óptica

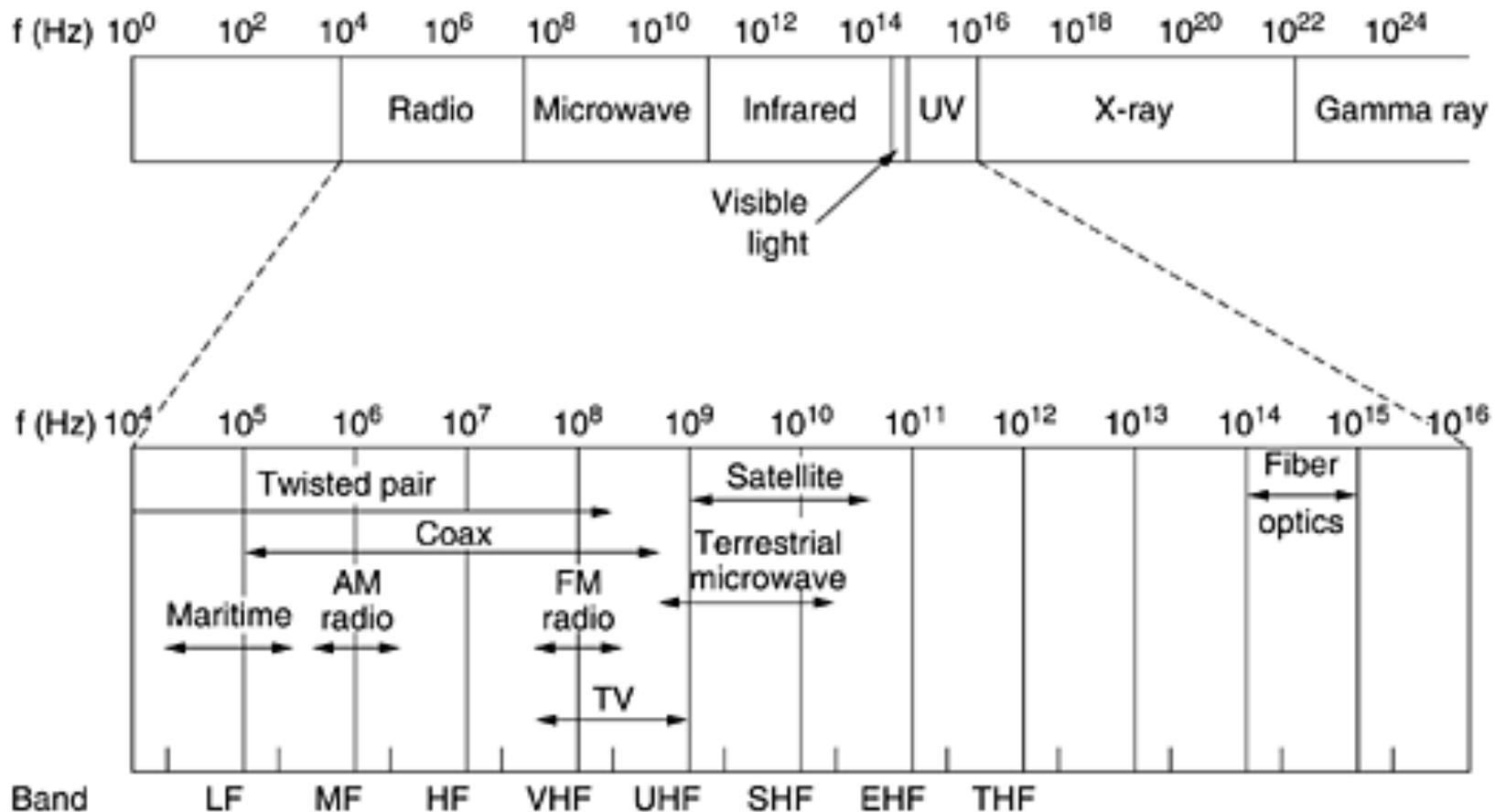
□ Vídeos interessantes

- [Fabricação](#)
- [Fusão](#)
- [Como funciona](#)
- [Conectores](#)

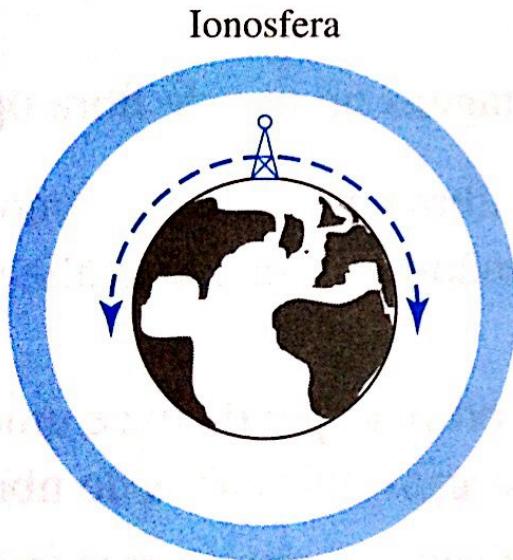
Redes sem fio

- Ondas eletromagnéticas – princípios básicos
 - Propagam-se pelo ar
 - Apresentam frequências diferentes
 - Apresentam comprimentos de onda diferentes
 - Antena para transmitir
 - Antena para receber
- A quantidade de informação que pode carregar depende da largura de banda

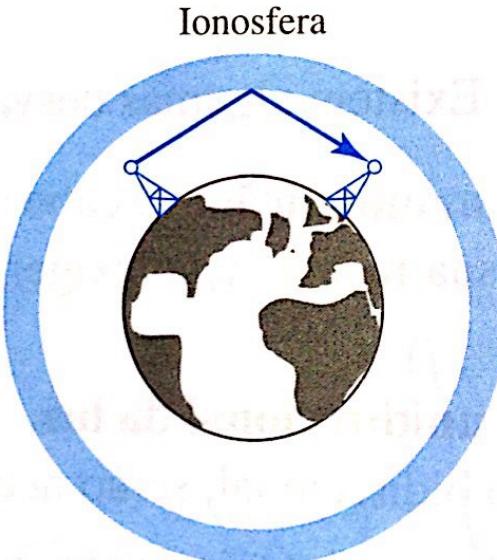
Redes sem fio



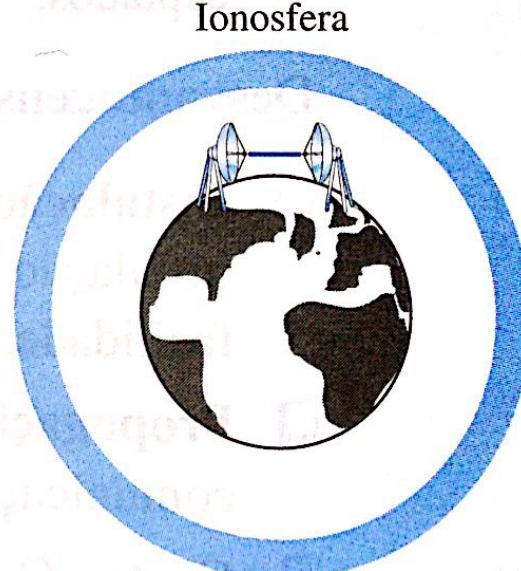
Tipos de propagação



Propagação terrestre
(abaixo de 2 MHz)



Propagação ionosférica
(2-30 MHz)



Propagação em linha
de visada (acima de 30 MHz)

Imagen Forouzan – Comunicação de Dados e Redes de Computadores

Nomenclatura

- Ondas de rádio – 3KHz a 1GHZ (ou 100MHz)
- Microondas – 1 GHz (100MHz) a 300GHz

Banda	Intervalo	Propagação	Aplicação
VLF (freqüência muito baixa)	3-30 kHz	Terrestre	Radionavegação de longo alcance
LF (baixa freqüência)	30-300 kHz	Terrestre	Radiofaróis e localizadores de navegação
MF (freqüência média)	300 kHz-3 MHz	Ionosférica	Rádio AM
HF (alta freqüência)	3-30 MHz	Ionosférica	Faixa do cidadão (CB), comunicações de aeronaves e navios
VHF (freqüência muito alta)	30-300 MHz	Ionosférica e linha de visada	TV VHF, rádio FM
UHF (freqüência ultra-elevada)	300 MHz-3 GHz	Linha de visada	TV UHF, telefones celulares, pagers, satélites
SHF (freqüência super-alta)	3-30 GHz	Linha de visada	Comunicação via satélite
EHF (freqüência extremamente alta)	30-300 GHz	Linha de visada	Radar, satélites

Redes sem fio - Rádio

□ Radio

- Frequências – 3KHz a 1GHz
- Facilidade de geração do sinal
- Longas distâncias
- Possibilidade de atravessar paredes (frequências menores)
- Omnidirecionais (várias direções) – facilita o alinhamento das antenas (frequências menores)
- Interferência grande

Redes sem fio - Microondas

□ Características

- Frequências – 1GHz a 300GHz
- Antenas parabólicas
- Transmissão direcional
- Antenas alinhadas (visada)
- Relação sinal/ruído alta
- Várias antenas em uma torre
- Quanto mais alta a torre, maior a distância - 100 metros → 80 km
- Não atravessa paredes
- Uso mais comum até 10GHz
- Interferência com chuva aumenta a partir de 4Ghz

□ Uso

- Telefonia
- Telefone celular
- Televisão



Redes sem fio - Infravermelho

□ Características

- Frequências – 300GHz a 400THz
- Comunicação de curta distância
- Relativamente direcional
- Barato
- Fácil de implementar
- Não ultrapassa objetos

□ Exemplo

- Controles remotos
- IrDA (*Infrared Data Association*) - padrões



Redes sem fio - Ideias

- Transmissão de dados pela luz visível
 - Vídeo interessante de Harald Haas
 - [http://www.ted.com/talks/lang/pt-br/
harald_haas_wireless_data_from_every_light_bulb.html](http://www.ted.com/talks/lang/pt-br/harald_haas_wireless_data_from_every_light_bulb.html)

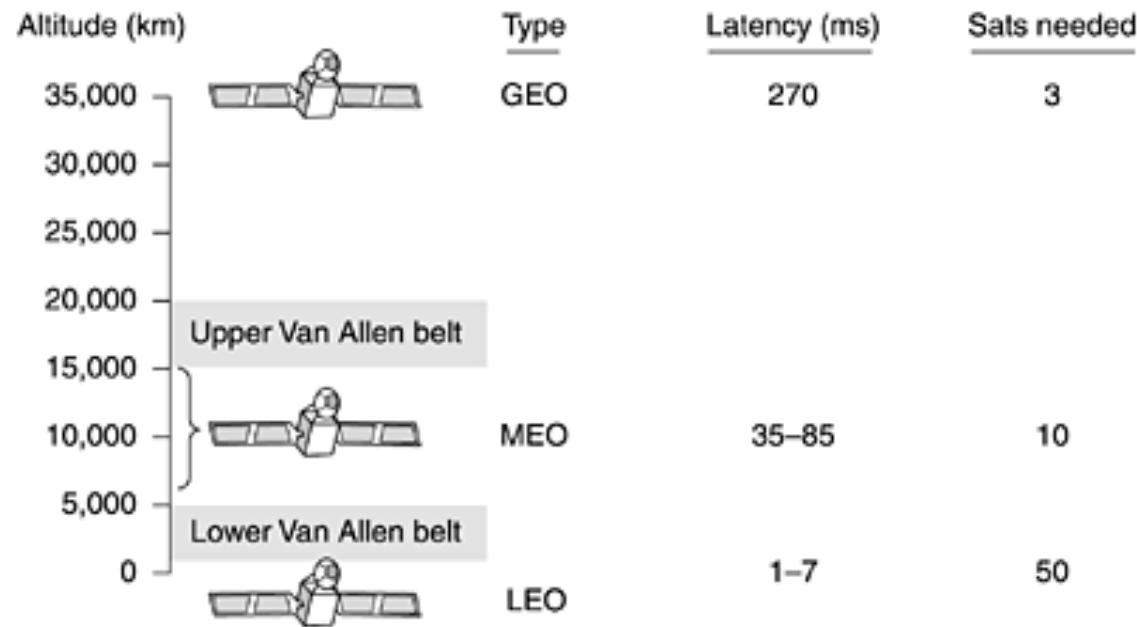
Redes sem fio - Satélite

- Marinha americana chegou a usar a lua para refletir sinais
- Satélite artificial – grande repetidor de microondas no céu
- Componente principal – *transponder*
 - Recebe uma porção do espectro de frequências, amplifica, reencaminha em outra frequência de volta para a Terra.
- O sinal retransmitido pode ser amplo ou mais estreito
- Atraso grande – até 300ms (valor típico de 270ms)

Redes sem fio

- Satélites – órbita
 - Geoestacionário

- 35.800km, 2 graus de distância, 180 satélites



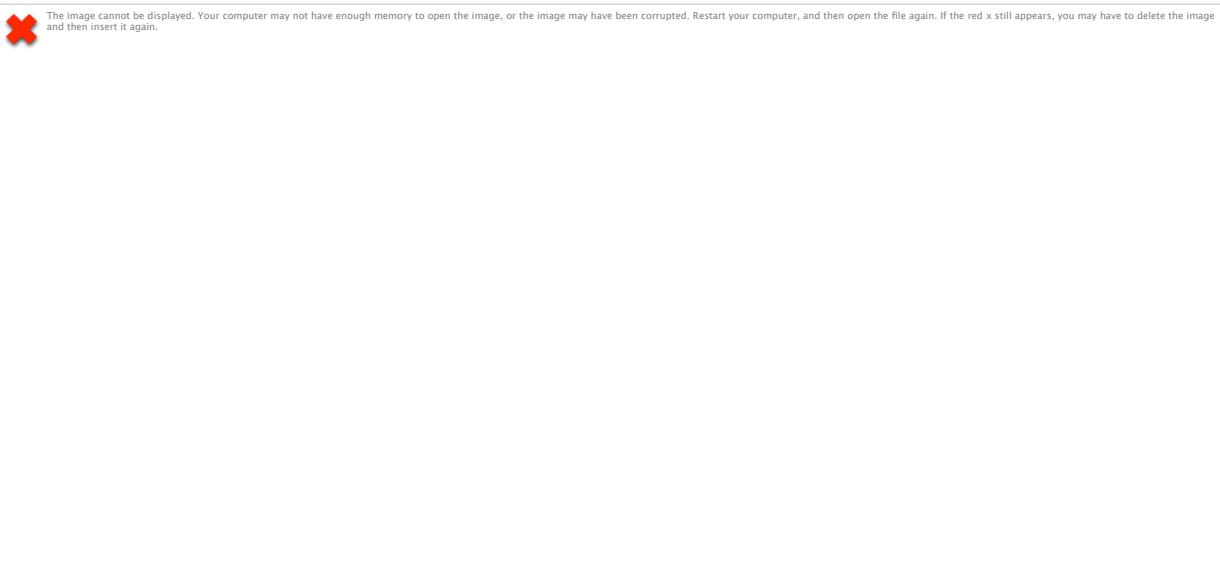
Redes sem fio

- Satélites – bandas
 - Satélite moderno – 40 transponders, 80MHz cada

Band	Downlink	Uplink	Bandwidth	Problems
L	1.5 GHz	1.6 GHz	15 MHz	Low bandwidth; crowded
S	1.9 GHz	2.2 GHz	70 MHz	Low bandwidth; crowded
C	4.0 GHz	6.0 GHz	500 MHz	Terrestrial interference
Ku	11 GHz	14 GHz	500 MHz	Rain
Ka	20 GHz	30 GHz	3500 MHz	Rain, equipment cost

Redes sem fio

- Satélite – LEO (*Low-Earth Orbit*)
 - Utilizados para comunicação
 - Iridium Project (Motorola)
 - Satélites (66) lançados em 1997 – falhou
 - Voltou em 2001 e presta serviços de comunicações



Redes sem fio

- Satélite – LEO (*Low-Earth Orbit*)
 - Globalstar
 - 48 satélites
 - Teledesic
 - Para Internet
 - Verificar o status

Redes sem fio

- Regulação do uso das frequências
 - Acordos e normas nacionais e internacional
 - Rádio AM
 - Rádio FM
 - TV aberta
 - Telefone celular
 - Companhias telefônicas
 - Polícia
 - Comunicação marítima
 - Comunicação aeroviária
 - No Brasil
 - ANATEL