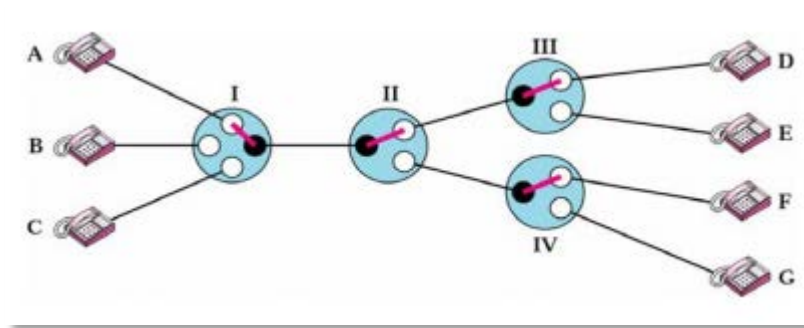


# Roteiro - Unidade I

- Introdução às redes de computadores
  - Modelos de camadas OSI e TCP/IP
- Interligação de redes
  - Comutação de circuitos e de pacotes
  - Meios físicos de transmissão
  - Equipamentos e topologias de rede
- Comunicação de dados
  - Modelos de comunicação
  - Controle de acesso ao meio de comunicação
  - Técnicas de correção e detecção de erros

# Comutação de circuitos

- Uma conexão física é estabelecida entre dois dispositivos
  - Recursos fim a fim são reservados para a chamada



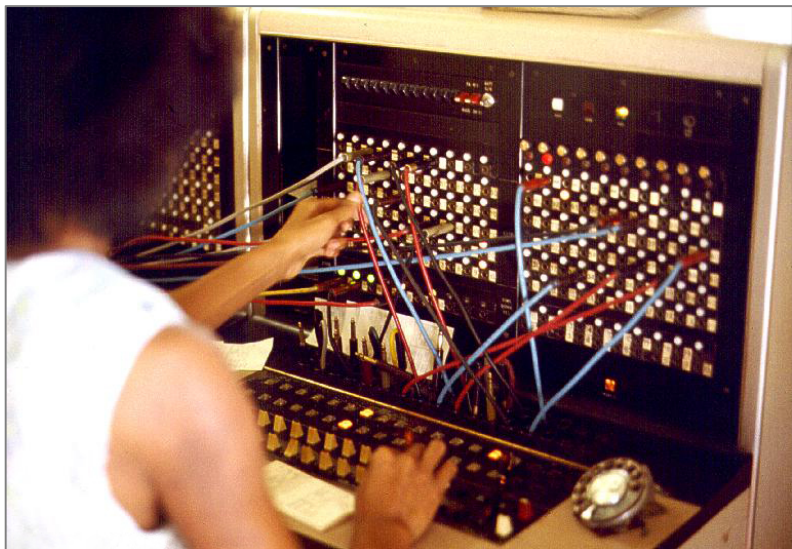
- Quando a conexão se estabelece, os dados podem ser trocados livremente nos dois sentidos (bidirecional)
- A conexão sempre utiliza o mesmo caminho (o “circuito”)
- Os dados sempre são recebidos na ordem de envio
- A largura de banda é garantida
- Utilizada no sistema telefônico tradicional (analógico)

# Comutação de circuitos

- Na comutação de circuitos moderna são utilizados dispositivos eletrônicos para estabelecer o circuito
  - Circuitos podem ser compartilhados por meio de multiplexação (divisão por frequência ou tempo)
  - Recursos da rede (ex: largura de banda) são divididos em segmentos
  - Segmentos alocados às chamadas
    - Segmento do circuito fica ocioso se não for utilizado pela chamada
    - Recursos dedicados: sem compartilhamento

# Comutação de circuitos

- Exemplos de comutadoras de circuitos



Comutação de circuitos tradicional (manual)



Comutação de circuitos moderna (automática)

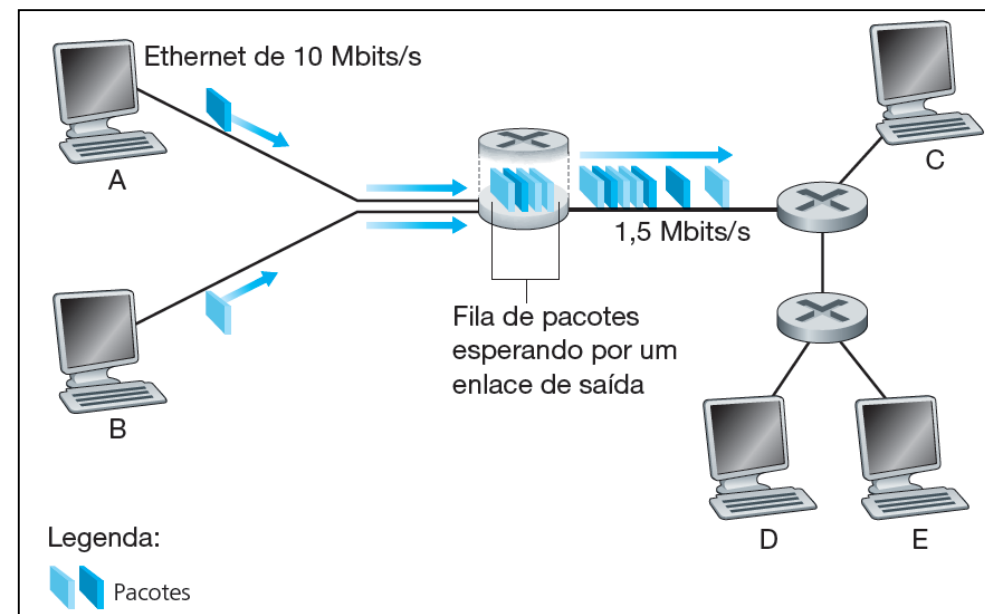
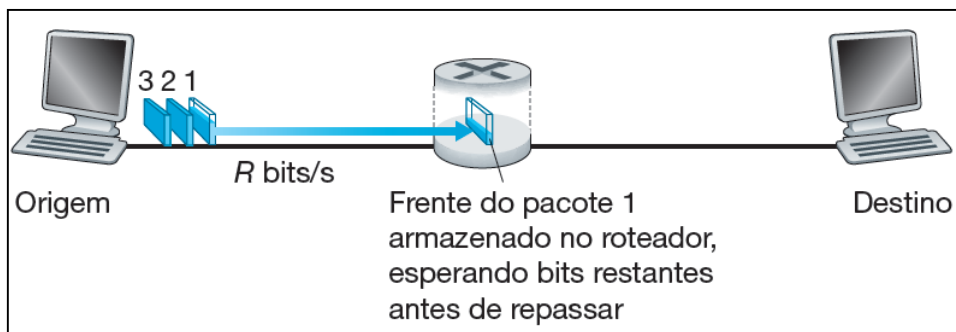
# Comutação de pacotes

- Os dados são divididos em pedaços discretos, denominados pacotes
- O caminho que cada pacote seguirá até o destino não é fixo
  - Os roteadores definem o melhor caminho:
    - Caminho mais curto
    - Caminho menos congestionado, eventualmente mais distante
- Os pacotes podem chegar fora de ordem ao destino
- Cada pacote utiliza toda a largura de banda do canal/enlace
- Utilizada por diversas arquiteturas de redes de computadores atuais
  - Utilizada para otimizar o uso da largura de banda
  - Minimizar a latência
  - Aumentar a robustez da comunicação por meio de redundância



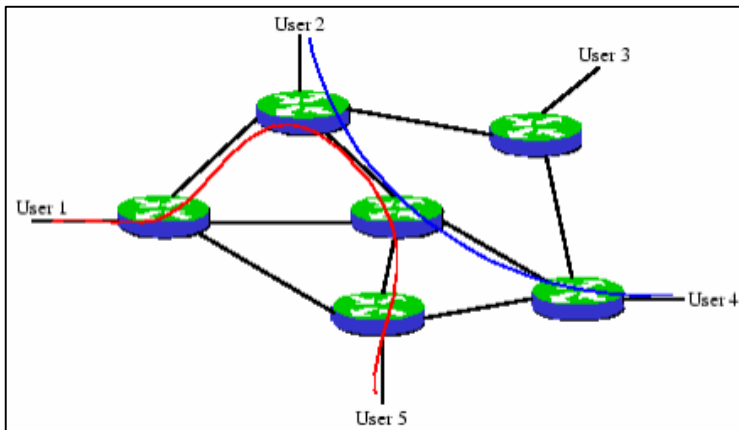
# Comutação de pacotes

- Recursos são usados quando necessário
- Disputa por recursos:
  - A demanda total pelos recursos pode superar a quantidade disponível
  - Congestionamento: pacotes são enfileirados, esperam para usar o enlace
  - Armazena e encaminha (*store and forward*): pacotes se deslocam uma etapa por vez
    - Transmite num enlace
    - Espera a vez no próximo

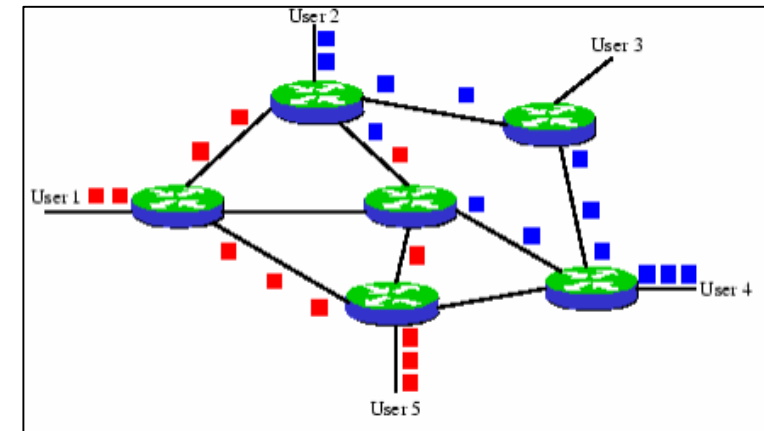


# Comutação de pacotes

- Dois tipos de comutação de pacotes
  - Circuito virtual
    - Os pacotes são encaminhados de acordo com o identificador do circuito virtual
    - É composto de um caminho único (não dedicado)
    - Pacote é armazenado nó-a-nó
    - Mantém informações do estado da conexão
    - Caso haja uma falha em um enlace o circuito virtual se desfaz



- Datagrama
  - Os pacotes são encaminhados de acordo com o endereço de destino
  - Cada pacote é tratado de forma independente
  - Pacotes carregam o endereço de destino
  - Pacotes podem chegar fora de ordem
  - Não mantém informações de estado
  - Geralmente não orientado a conexão



# Comutação de circuitos v.s. Comutação de pacotes

	Comutação de circuitos	Comutação de pacotes
Estabelecimento do circuito	Obrigatório	Sem necessidade
Caminho físico dedicado	Sim	Não
Cada pacote segue a mesma rota	Sim	Não
Os pacotes chegam na mesma ordem	Sim	Não
A falha de um elemento comutador impossibilita a comunicação	Sim	Não
Largura de banda disponível	Fixo	Dinâmico
Desperdício de recursos da rede	Sim	Não
Atrasos devido a congestionamento (filas)	Não	Sim



# Roteiro - Unidade I

- Introdução às redes de computadores
  - Modelos de camadas OSI e TCP/IP
- Interligação de redes
  - Comutação de circuitos e de pacotes
  - Meios físicos de transmissão
  - Equipamentos e topologias de rede
- Comunicação de dados
  - Modelos de comunicação
  - Controle de acesso ao meio de comunicação
  - Técnicas de correção e detecção de erros

# Introdução aos meios físicos de transmissão

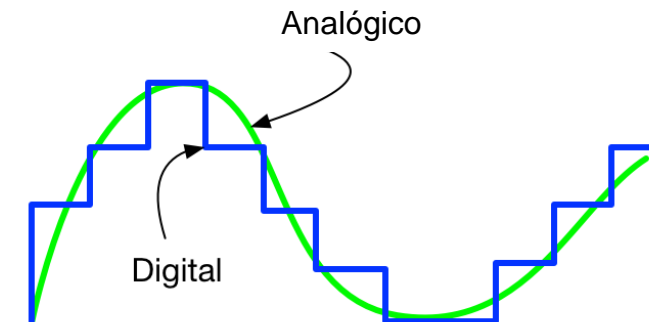
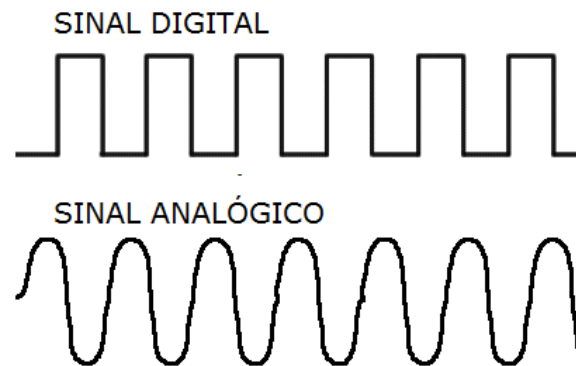
- O que é um meio físico?
  - Um meio físico é qualquer meio capaz de transportar informações (sinais eletromagnéticos) de um emissor para um receptor
    - Ex: Cabos coaxiais, fibras ópticas, água, ar, luz, entre outros...
- **Objetivo da camada física:**
  - Transmitir fluxos de bits de um dispositivo para outro por intermédio de um meio físico
  - Realizar a correta modulação de sinal
- **Os meios físicos podem ser:**
  - Guiados (com fios / wired)
    - Metálicos ou ópticos
  - Não guiados (sem fios / wireless)

# Introdução aos meios físicos de transmissão

- Mas, no nível físico, como é que os bits “passam” de um lado para o outro?
  - Canal de comunicação
    - Meio de transmissão usado para enviar/receber dados
    - Guiado (com fio) ou não-guiado (sem fio)
  - Transmissor/Receptor
    - Dispositivos que enviam/recebem dados pelo canal de comunicação
  - Sinal
    - Qualquer dado transmitido pela rede
  - Ruído
    - Qualquer interferência que modifique o valor do sinal original

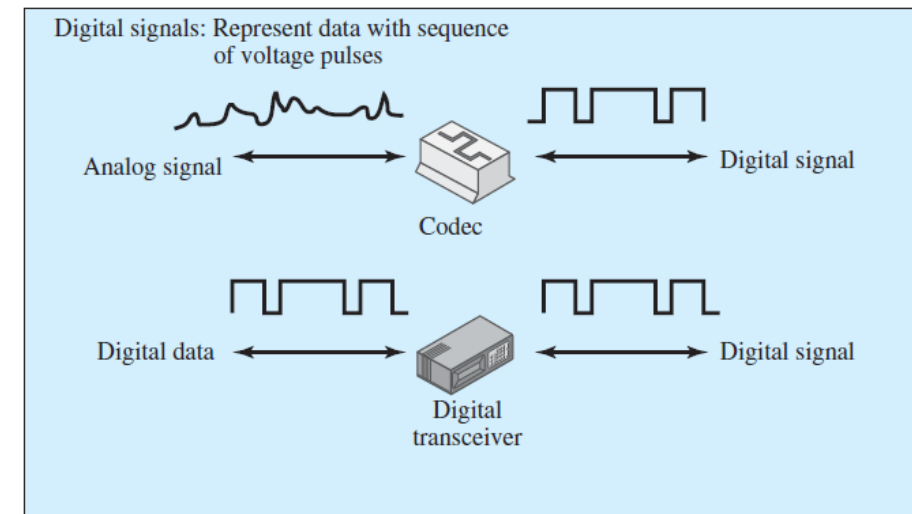
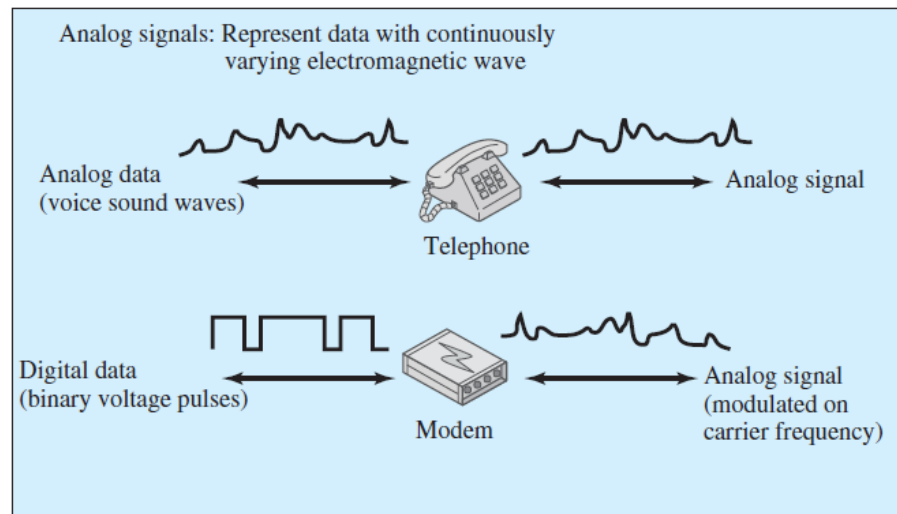
# Introdução aos meios físicos de transmissão

- Existem dois tipos de sinais de dados, representados como:
  - Analógicos
    - Sinais eletromagnéticos contínuos no tempo e expressados como uma oscilação na frequência (senóide)
    - Ex: voz, dados, vídeo, imagem
  - Digitais
    - Sequência discreta de símbolos produzida por computadores, geralmente em formato binário



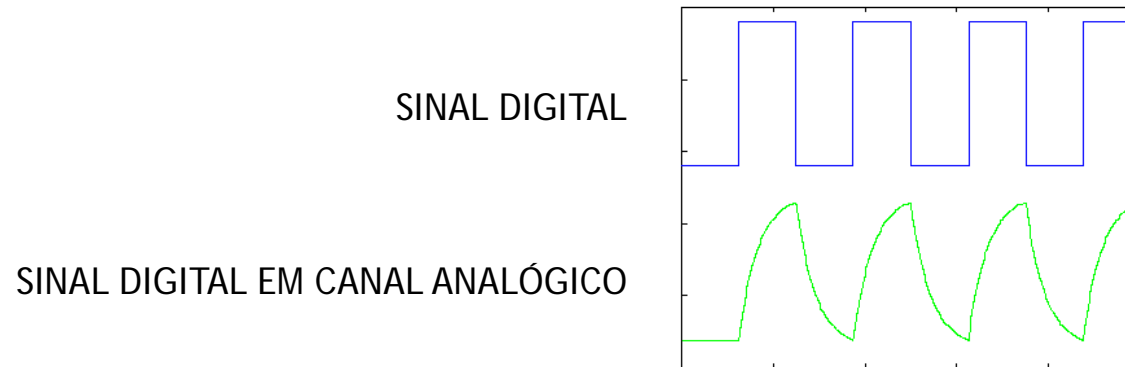
# Introdução aos meios físicos de transmissão

- A transmissão de dados em um canal de comunicação pode ocorrer na mesma forma em que foi gerado o sinal ou convertida (modulada) de um tipo de sinal para outro tipo
  - Nas redes de computadores é comum encontrar transmissões puramente digitais ou convertidas A/D ou D/A
  - Utilizam-se **modems** para converter sinais digitais em sinais analógicos (D/A)
  - Utilizam-se **codecs** para converter sinais analógicos em sinais digitais (A/D) -> para transmissão em canais digitais



# Introdução aos meios físicos de transmissão

- Se sinais digitais forem transmitidos em meios analógicos ...
  - As ondas quadradas seriam distorcidas pelo meio analógico
  - O receptor seria incapaz de interpretar corretamente estes sinais
  - Para resolver este problema, os sinais digitais devem ser convertidos em sinais analógicos!

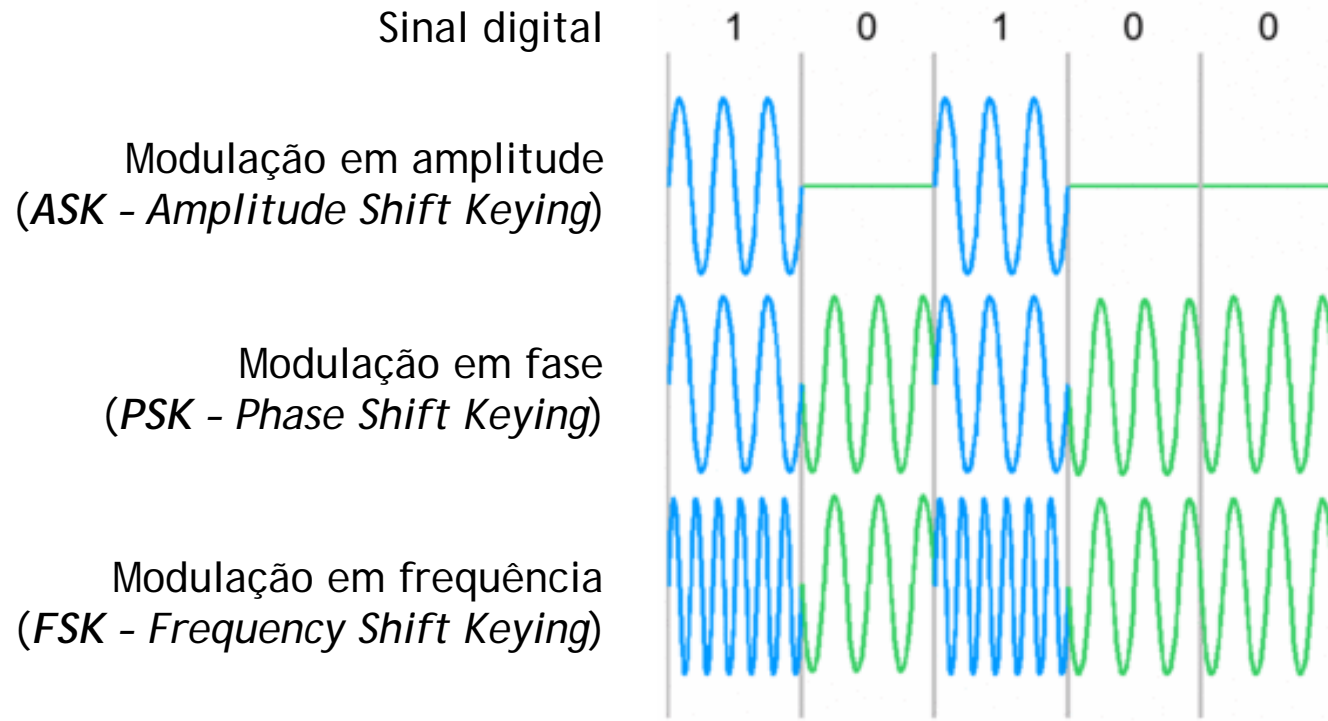


- Para converter sinais digitais em sinais analógicos (e vice-versa) se faz necessário recorrer à modulação de sinal, que pode ser:
  - Em amplitude
  - Em frequência
  - Em fase



# Introdução aos meios físicos de transmissão

- Exemplo de sinais digitais modulados:



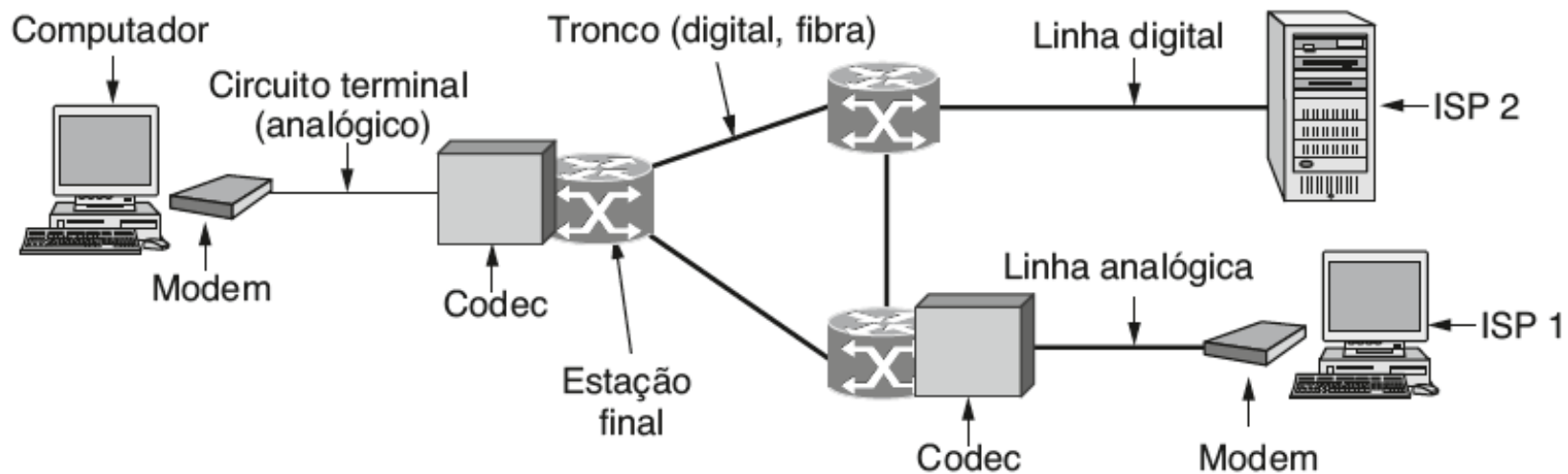
# Introdução aos meios físicos de transmissão

- Vantagens da transmissão digital

- O sinal é exato (0 ou 1), facilitando a detecção e correção de erros
- Mais eficiente, pois permite maximizar a taxa de transmissão de bits e consequentemente enviar mais dados
- Mais seguro, pois permite a encriptação dos dados a serem transmitidos
- Permite fácil integração de dados de voz, vídeo e dados em um mesmo canal de comunicação (digital)

# Introdução aos meios físicos de transmissão

- Exemplo de transmissão digital em canais analógicos e digitais

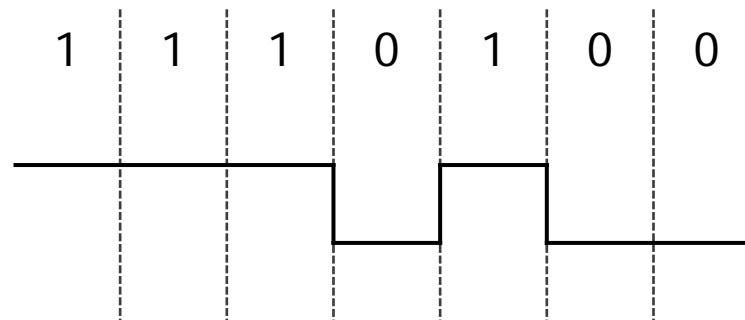


# Introdução aos meios físicos de transmissão

- Nas transmissões digitais, os bits são codificados
  - Pulsos discretos de voltagens
  - Cada pulso é um elemento de sinal
  - Os dados binários são codificados nestes elementos
- Os esquemas de codificação mais utilizados em redes de computadores são:
  - NRZ
  - NRZI
  - Manchester

# Esquemas de codificação digital de dados

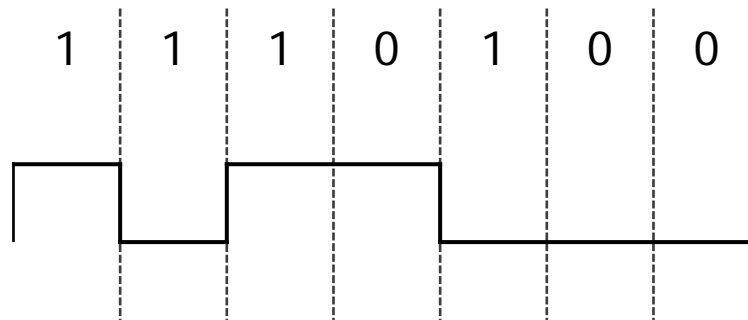
- Non-Return-to-Zero (NRZ)
  - Esquema mais simples de codificação de bits
    - Sinal ALTO codifica um bit 1
    - Sinal BAIXO codifica um bit 0



- Problema?
  - Dificuldade de distinguir longas sequências de bits 1 ou 0 consecutivos

# Esquemas de codificação digital de dados

- Non-Return-to-Zero Inverted (NRZI)
  - Método que tenta suprir o problema do NRZ
    - Uma transição de sinal codifica um bit 1
    - Sem mudança no sinal codifica um bit 0



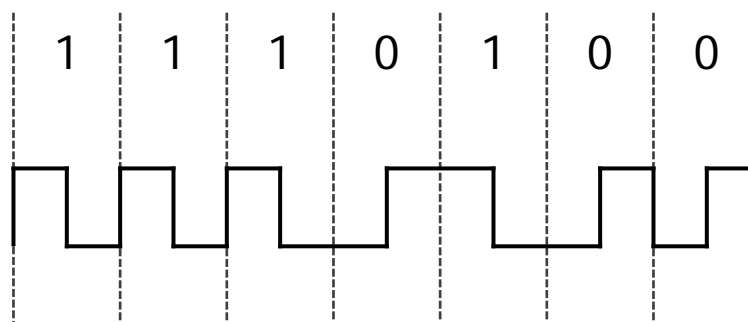
- Resolve o problema de bits 1 consecutivos, mas não resolve o de bits 0 consecutivos



# Esquemas de codificação digital de dados

- Manchester

- Todo bit é representado por uma transição
  - Uma transição de subida representa um bit 0
  - Uma transição de descida representa um bit 1

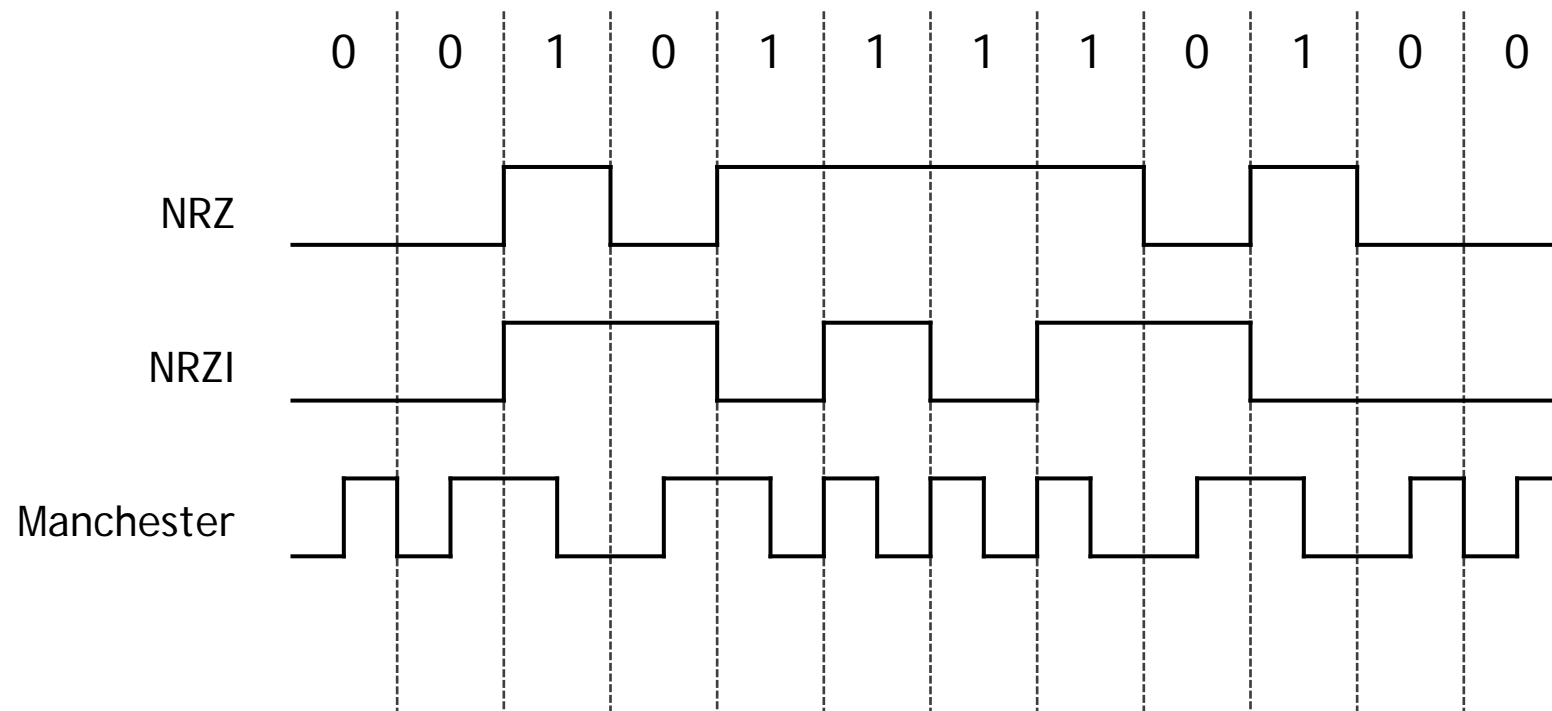


- Problema:

- Maior largura de banda comparado aos outros métodos para transmitir a mesma taxa de dados
- Eficiência de 50% comparada aos métodos anteriores em relação a utilização do canal

# Esquemas de codificação digital de dados

- Comparação entre os esquemas



# Meios físicos de transmissão

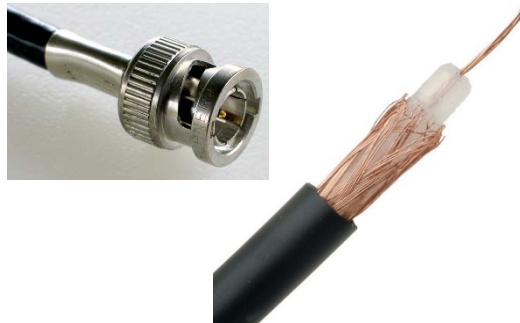
- Meios guiados
  - Cabos de par trançado
  - Cabos coaxiais
  - Cabos de fibra óptica
- Meios não guiados
  - Radiodifusão
  - Micro-ondas
  - Infravermelho

# Meios Guiados

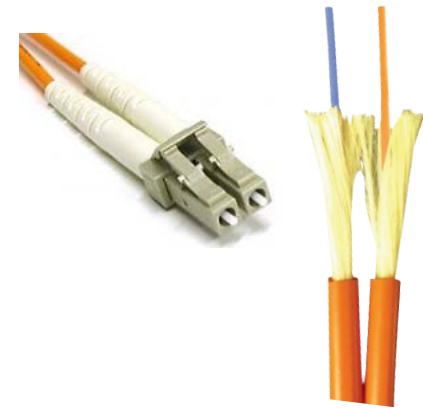
- Nos meios guiados as ondas eletromagnéticas são “guiadas” através de um meio sólido
- Meios físicos guiados mais comuns:
  - Par trançado: metálico (a)
  - Cabo coaxial: metálico (b)
  - Fibra Óptica: óptico (c)



(a)



(b)



(c)

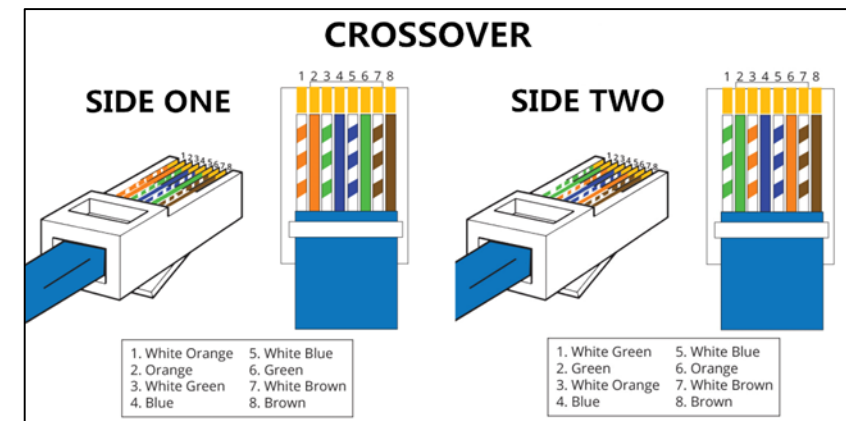
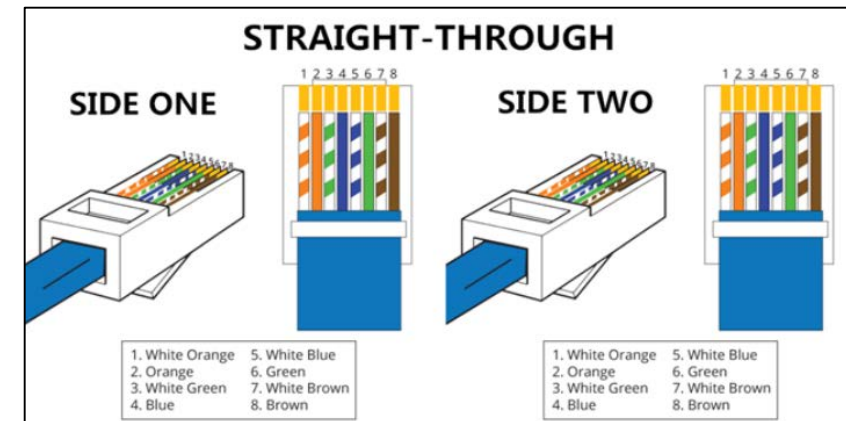
# Meios Guiados - Par trançado (Twisted Pair)

- Dois condutores de cobre isolados enrolados em espiral
  - Diminuição do ruído por interferência eletromagnética
  - Mantém constantes as propriedades elétricas do meio ao longo de todo o seu comprimento
- Cabos de par trançado
  - Congregam em si vários pares trançados
- Os usos mais comuns são:
  - No sistema telefônico convencional
    - Central de telefonia até a casa do cliente
  - Redes locais (LANs)
    - Distâncias típicas de até 100 metros (necessita de repetidores para distâncias maiores)
- Baixo custo de instalação
- Suporta taxas de transmissão de 10 Gbps (dependendo do cabo)



# Meios Guiados - Par trançado (Twisted Pair)

- Utilizado em conexões ponto-a-ponto
  - Conector RJ-45
  - Padrão EIA/TIA 568
- Cabos straight-through ("normal")
  - Utilizado para interligar dispositivos finais aos dispositivos de redes
    - Ex: ligar PC ao switch, switch ao roteador, ...
- Cabos crossover
  - Utilizado para interligar dois dispositivos diretamente
    - Não necessita de um dispositivo intermediário
    - Ex: ligar PC a PC, switch a switch, roteador a roteador, ...
  - Muitos dispositivos atualmente implementam o Auto MDI-X (Medium Dependent Interface)
    - Automaticamente detectam o tipo de configuração necessária do cabo, sem exigir que seja criado um cabo específico para cada ligação





# Meios Guiados - Par trançado (Twisted Pair)

- Vantagens

- Simplicidade
- Flexibilidade
- Baixo custo
- Durabilidade

- Desvantagens

- Necessidade de repetidores para distâncias superiores a 100 metros
- Suscetível a interferências externas (cabos sem blindagem / UTP)
- Problemas de atenuação de sinal

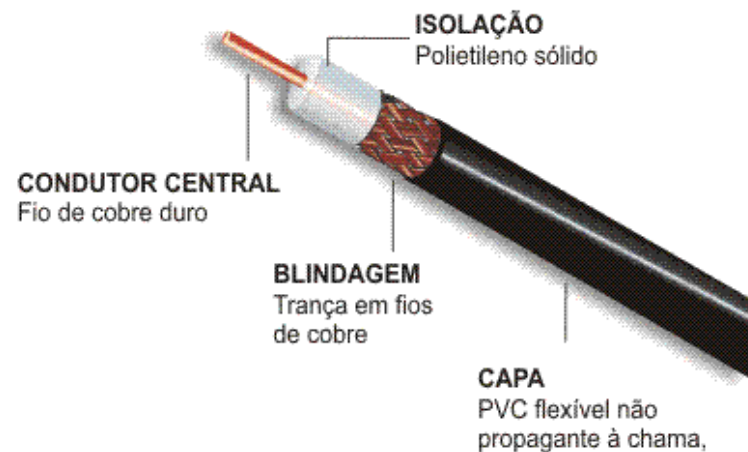
# Meios Guiados - Cabo Coaxial

- Constituído por diversas camadas concêntricas de condutores e isolantes
  - Formado por dois condutores, um interno e o outro disposto na forma de malha envolvendo o condutor central
  - Coaxial refere-se ao fato de o cabo ser feito de vários revestimentos compartilhando o mesmo eixo central (co-eixo)
- Foi um dos primeiros meios físicos utilizados para as redes locais de computadores
- Aplicações
  - Distribuição de televisão (TV a cabo)
    - Centenas de canais a algumas dezenas de Km
  - Comunicação telefônica de longa distância
  - Redes locais de computadores
    - Topologia em barramento
    - (Em desuso)



# Meios Guiados - Cabo Coaxial

- As camadas deste cabo possuem as seguintes funções:
  - Condutor central: utilizado para transmitir as informações pelo cabo coaxial
  - Isolação (dielétrico): separador entre o condutor interno e o condutor externo
  - Blindagem (condutor externo em malha): utilizado como escudo de proteção para o condutor interno, formando uma gaiola de faraday.
    - Também tem função relevante na condução do sinal pois da mesma forma que no condutor interno, temos passagem de corrente elétrica nesta blindagem
  - Proteção (capa): feita de plástico, borracha ou PVC, protege o interior do cabo coaxial



# Meios Guiados - Cabo Coaxial

- Vantagens

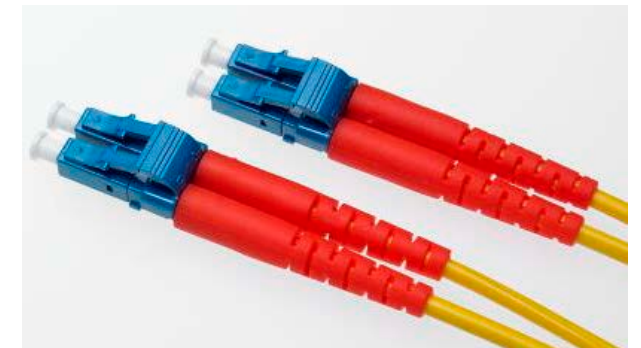
- Melhor blindagem do que o par trançado
- Atinge maiores distâncias e velocidades mais altas
- Mais barato que os cabos de par trançado blindados
- Melhor imunidade a ruídos e contra a atenuação do sinal que o par trançado UTP

- Desvantagens

- Mais caro que o par trançado sem blindagem
- Os conectores também são mais caros
- Por não ser flexível o suficiente, dificulta instalação e pode se quebrar com maior facilidade

# Meios Guiados – Fibra Óptica

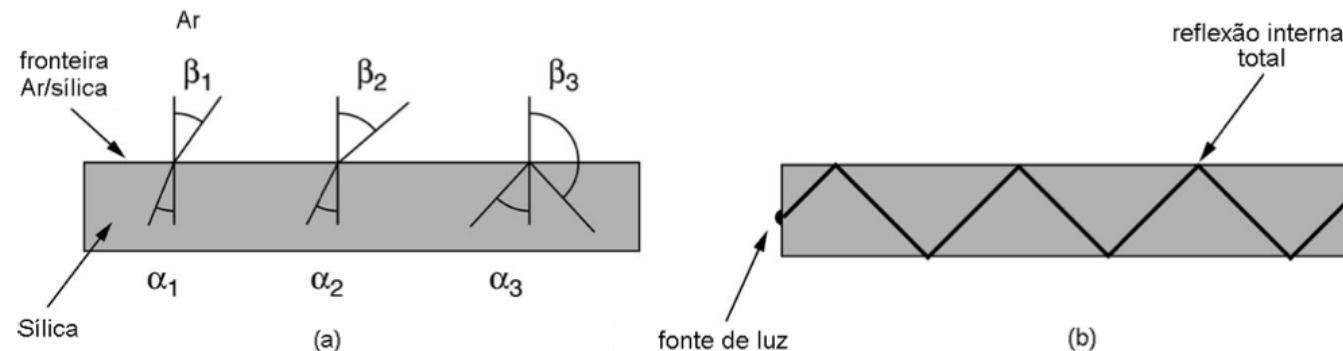
- Os dados trafegam na forma de ondas de luz
- A fibra é composta por um ou mais filamentos de sílica ou plástico por onde é realizada a transmissão de uma ou várias ondas de luz
  - O sinal é codificado dentro do domínio da frequência do infravermelho ( $10^{12}$  a  $10^{14}$  Hz)



# Meios Guiados – Fibra Óptica

- Princípio de funcionamento

- Funciona de acordo com o princípio físico da reflexão total



- A transmissão de luz é unidirecional (simplex), por isso, normalmente são utilizadas duas fibras

- Transmissão (Tx)
- Recepção (Rx)



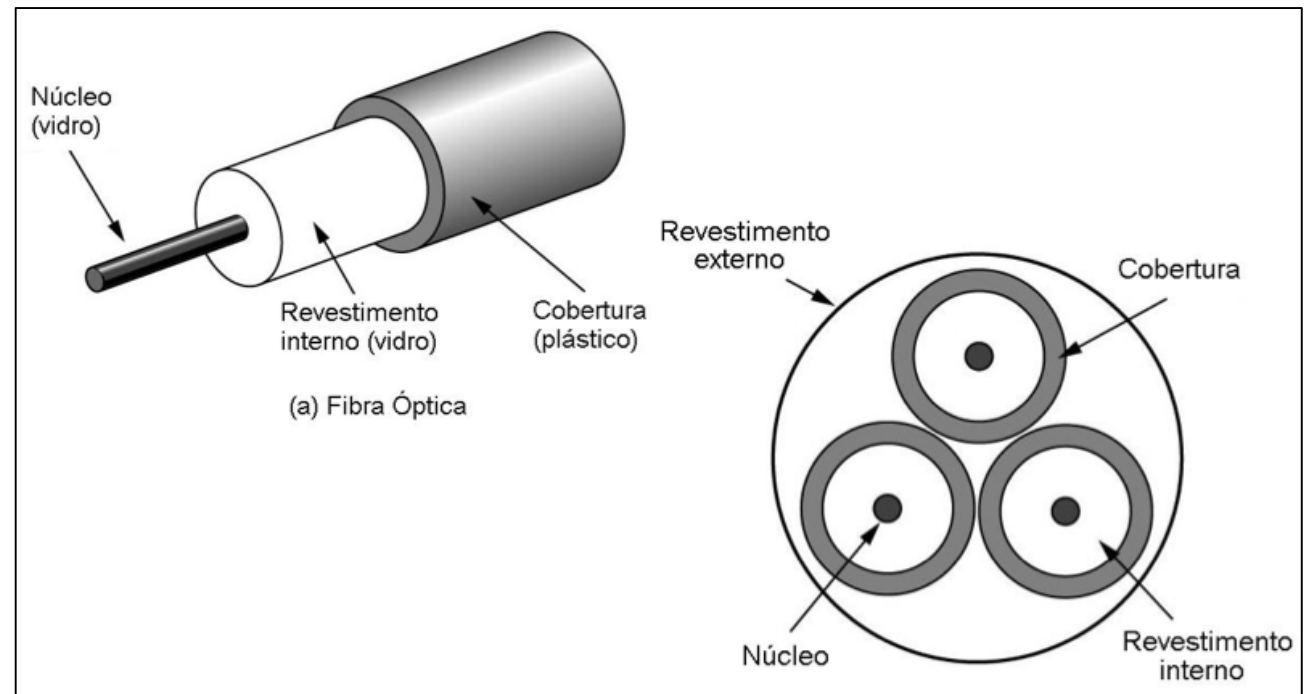
- Entretanto, com o uso da multiplexação por divisão de comprimento de onda - WDM (Wavelength Division Multiplexing), é possível usar uma única fibra para comunicação bidirecional (full-duplex)
  - Neste caso são utilizados feixes de luz com diferentes comprimentos de onda, isto é, diferentes cores



# Meios Guiados - Fibra Óptica

- Estrutura dos cabos de fibra óptica

- Núcleo
- Revestimento interno
- Cobertura
- Revestimento externo

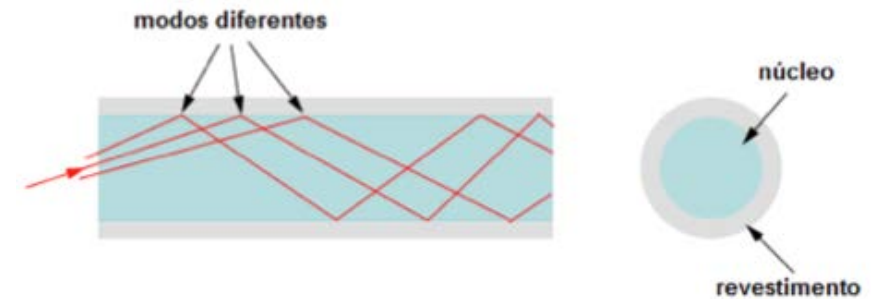


# Meios Guiados - Fibra Óptica

- Tipos de fibra óptica

- Multimodo (MMF)

- Transmite mais de um sinal de luz
    - Fibra com núcleo grosso
    - Vários feixes de luz se propagam pela fibra com diferentes ângulos de refração
      - Seguem diferentes trajetórias na fibra



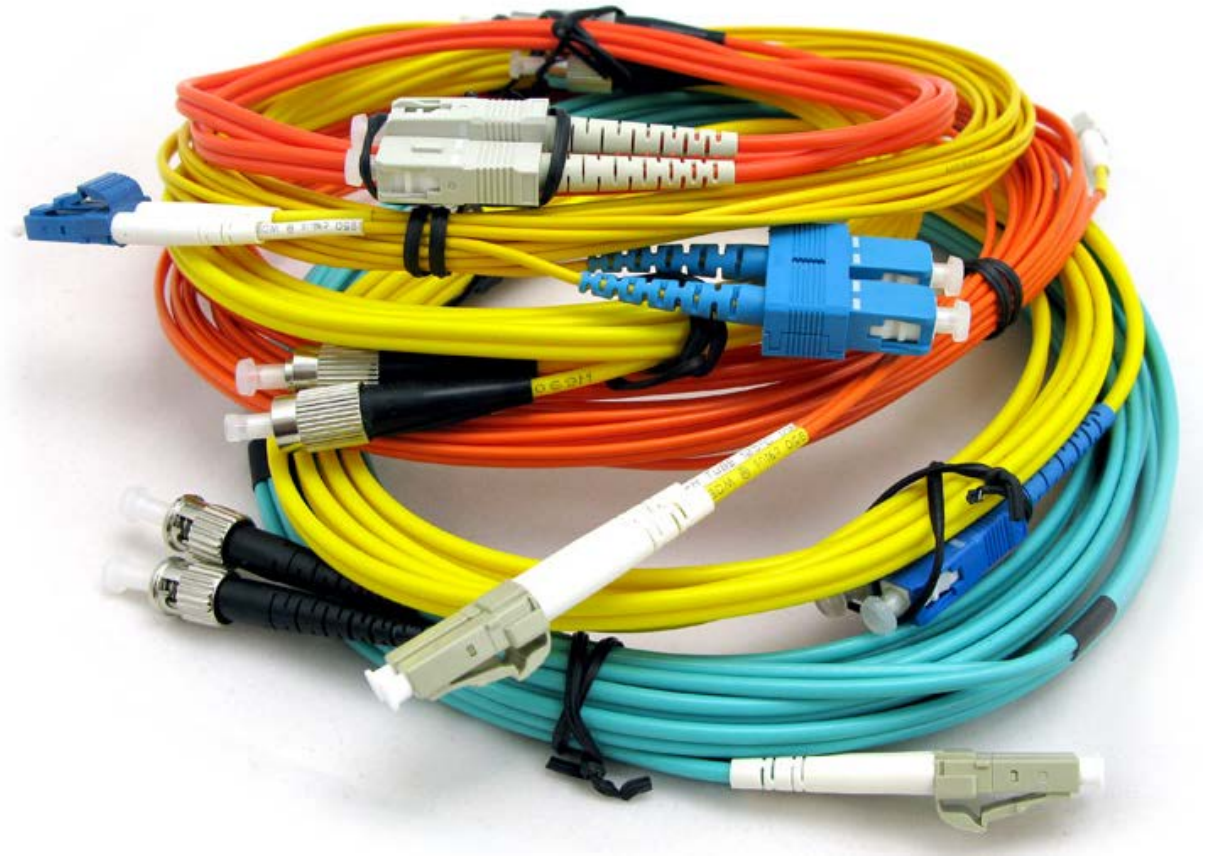
- Monomodo (SMF)

- Transmite apenas um sinal de luz
    - Fibra com núcleo fino
    - Luz chega diretamente ao receptor
    - Comprimento e largura de banda maior do que as fibra multimodo



# Meios Guiados - Fibra Óptica

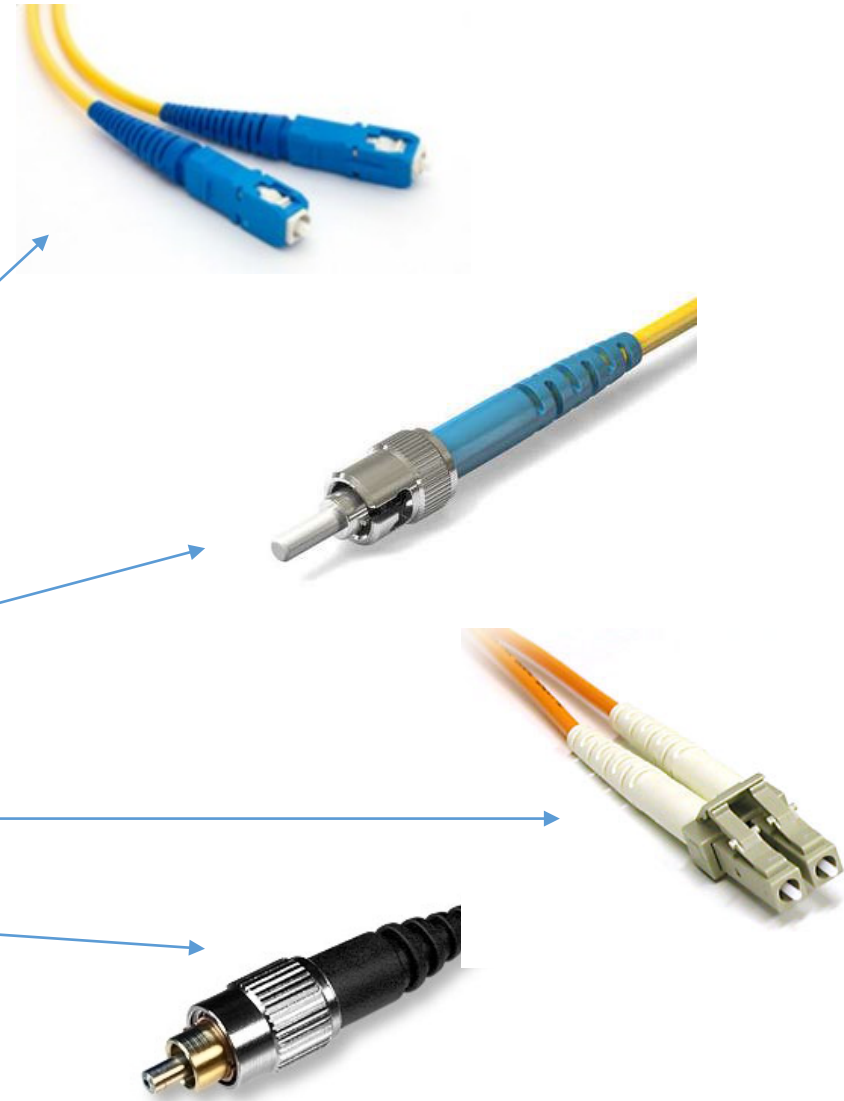
- Tipos de fibra óptica
  - Mas como identificar o tipo?
    - Pela cor!
    - Amarelo: monomodo
    - Laranja e azul: multimodo



# Meios Guiados - Fibra Óptica

- Componentes de um sistema óptico

- Fontes de luz
  - Diodo emissor de luz (LED)
  - Laser
- Meio de transmissão
  - Fibra
- Conectores
  - SC (Subscriber Connector)
  - ST (Straight Tip)
  - LC (Lucent Connector)
  - FC (Ferrule Connector)
- Detector
  - Conversor óptico/elétrico (transceiver)
    - Fotodiodo ou fototransistor



# Meios Guiados – Fibra Óptica

- Vantagens

- Imune a interferências eletromagnéticas
- Pode alcançar maiores distâncias (dezenas de quilômetros) sem uso de repetidores
- Altíssimas larguras de banda
  - Taxa de transmissão recorde (2014): 255 Tbps
- Resistência à corrosão

- Desvantagens

- Instalação exige cuidados e equipamentos específicos
- A junção das fibras é uma tarefa crítica (fusão), assim como a incorporação de conectores
- Custo relativamente alto (cabo, infraestrutura, interfaces, fusão)

# Principais Meios Físicos de Transmissão

- Meios de transmissão guiados
  - Cabo de par trançado
  - Cabo coaxial
  - Cabo de fibra óptica
- Meios de transmissão não guiados
  - Radiodifusão
  - Micro-ondas
  - Infravermelho

# Transmissão sem fios

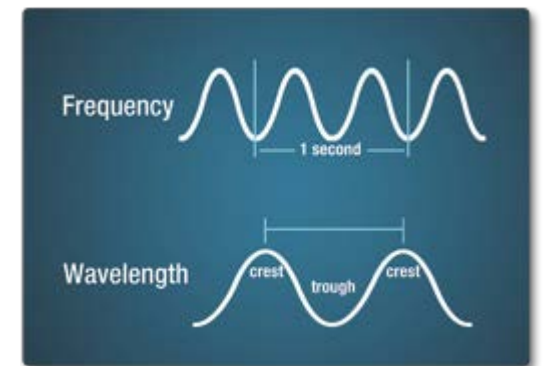
- Nos últimos anos os computadores portáteis e dispositivos móveis se popularizaram e, como consequência, impulsionaram a tecnologia de transmissão sem fios
  - Os usuários precisavam se econtar à rede/Internet sem depender de fios!
- Além disso, a transmissão sem fios oferece vantagens em relação à transmissão por cabo
  - Facilidade na instalação e formação da rede
    - Principalmente onde há dificuldade na instalação de cabos
  - Flexibilidade na implantação
    - No meio urbano (ruas, asfalto, construções)
    - Sem limitações geográficas
- Porém, também apresenta desvantagens
  - Meio mais suscetível a interferências
  - Problemas relacionados à segurança





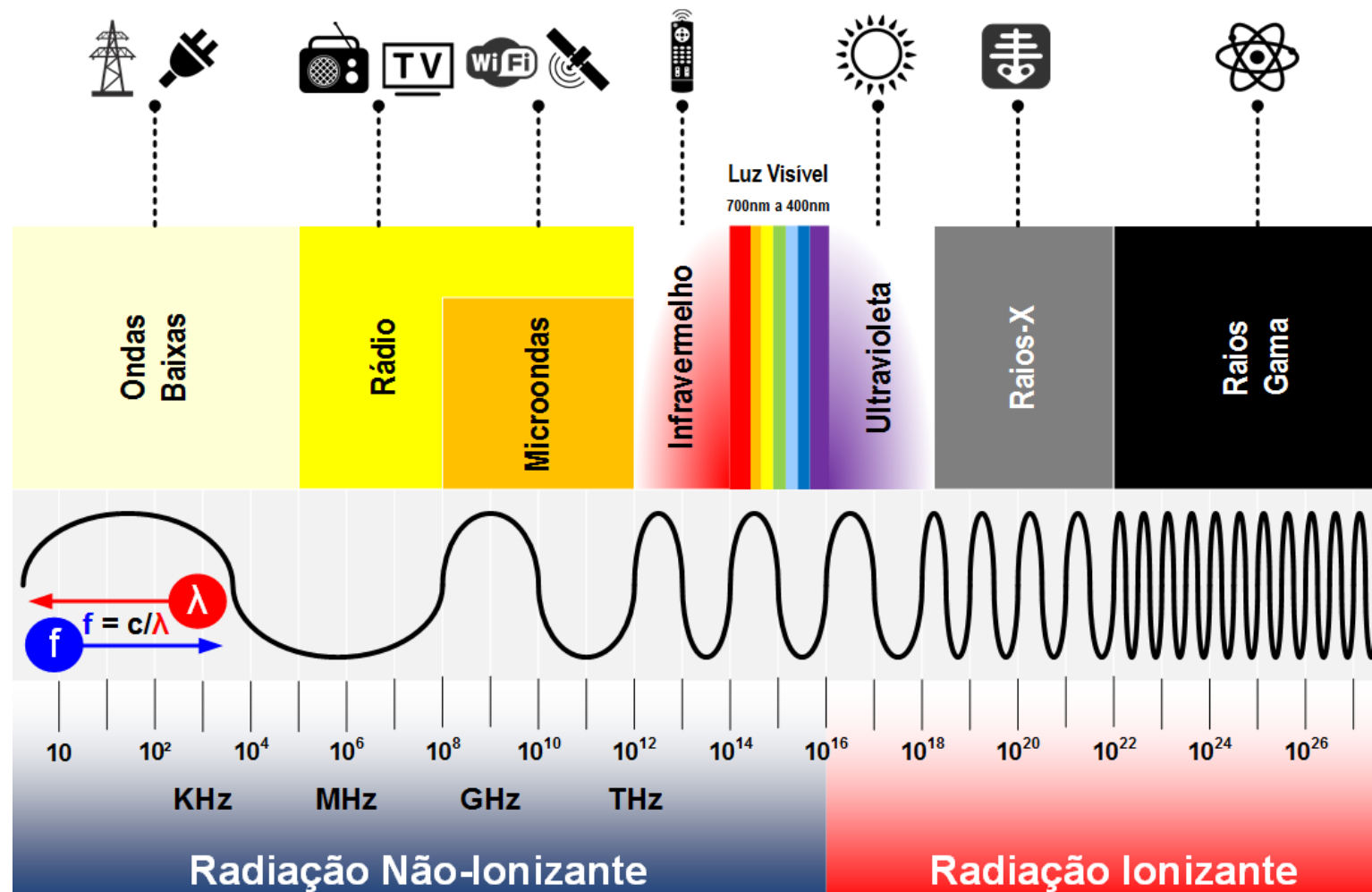
# Transmissão sem fios

- A transmissão sem fios se dá por meio da propagação de ondas eletromagnéticas
  - Ocorre em uma porção do espectro eletromagnético
  - Podem se propagar livremente pelo espaço
- Cada onda eletromagnética possui:
  - Uma determinada frequência ( $f$ )
    - Número de oscilações por segundo medida em Hertz (Hz)
  - Um comprimento de onda ( $\lambda$ )
    - Distância entre dois pontos consecutivos que se encontram na mesma posição de vibração
  - Período ( $T$ )
    - Intervalo de tempo correspondente a uma oscilação completa
  - Velocidade de propagação ( $c$ )
    - Em quanto tempo a onda se propaga em um determinado meio





# Espectro Eletromagnético



# Espectro Eletromagnético

- Cada porção do espectro possui vantagens e desvantagens que tornam adequada para uma determinada aplicação
- Porções de rádio, micro-ondas, infravermelho e luz visível podem ser usados na transmissão de dados
  - Moduladas pela amplitude, frequência ou fase
- Luz ultravioleta, raios X e raios gamas
  - Mais difíceis de produzir e modular
  - Não se propagam bem através dos prédios/barreiras
  - Perigosos para os seres vivos

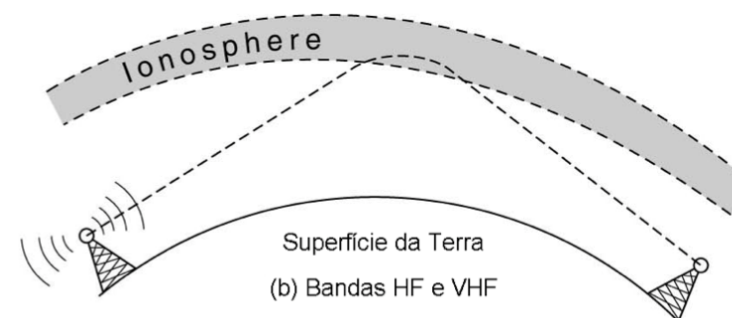
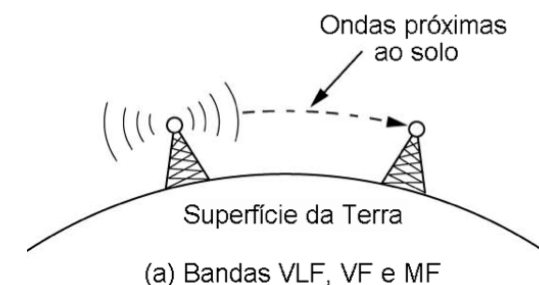
# Meios não guiados - Radiodifusão

- Amplamente utilizadas para comunicação
  - Rádio convencional (AM e FM)
  - Navegação marítima e aéreo
  - Acesso à Internet (via banda de rádio)
  - WiFi
  - Bluetooth
  - Leitura de tags RFID (*Radio-frequency identification*)
  - Comunicação NFC (*Near-field communication*)
  - ...
- Facilidade na geração do sinal
- Equipamentos, geralmente, têm baixo custo

# Meios não guiados - Radiodifusão

- Propriedades das ondas de rádio dependem da frequência:

- $\lambda = 1\text{m} - 10\text{km}$
- Em baixas frequências (VLF, LF e MF):
  - Omnidirecionais
  - As ondas se propagam próximas ao solo
  - Obedecem a curvatura da Terra (onda terrestre)
  - Atravessam bem obstáculos
- Em altas frequências (HF, VHF, ...):
  - Se propagam em linha reta
  - Sinais são refletidos nos objetos
  - Sinais ricocheteiam na Ionosfera
  - Uso militar, rádio amador, TV



# Meios não guiados - Micro-ondas

- Uso bastante difundido na telefonia de longa distância, distribuição de sinais de TV, telefones celulares
- Comunicação com frequência alta e com comprimentos de onda pequenos
  - $\lambda = 1\text{mm} - 1\text{m}$
  - Ondas trafegam praticamente em linha reta
  - Dificuldade em transpor obstáculos
  - Necessidade de repetidores em caso de longas distâncias
- Porém ser classificados como micro-ondas:
  - Terrestres
  - Satélites

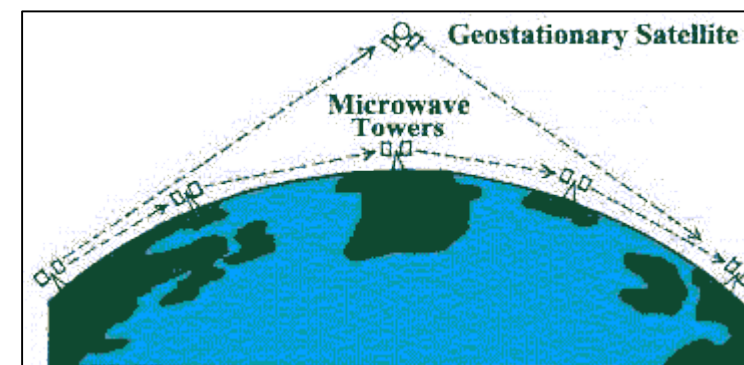
# Meios não guiados - Micro-ondas

- Micro-ondas terrestres

- As micro-ondas propagam-se junto à superfície da terra
- Aplicações mais comuns:
  - Comunicação de voz e imagem de longa distância
  - WiMax (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*)

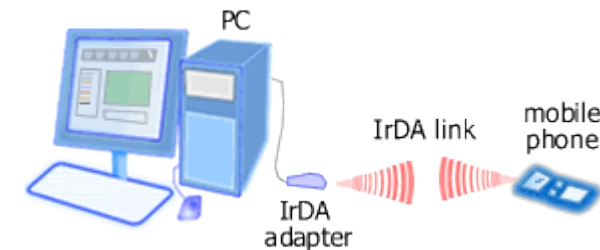
- Micro-ondas via satélites

- Podem ser considerados grandes repetidores de micro-ondas no céu
- Satélite recebe em uma frequência (uplink) e retransmite em outra (downlink)
  - Atrasos de propagação são elevados
- Tipos de satélites:
  - Geoestacionários (GEO - Geostationary Earth Orbit)
  - Órbita média (MEO - Medium-Earth Orbit)
  - Órbita baixa (LEO - Low-Earth Orbit)
- Aplicações mais comuns:
  - Distribuição de TV por satélite, GPS



# Meios não guiados - Infravermelho

- Comunicação de curto alcance, de altíssima frequência e pequenos comprimentos de onda
  - $\lambda = 750\text{nm} - 1\text{mm}$
  - Sinal propaga-se em linha reta (visada direta)
  - Não atravessam objetos sólidos/opacos
  - Sinalização unidirecional
    - Cada lado deve ter um emissor e um fotodetector para duplex
- Não necessitam de licença para operar
- Baixas taxas de transmissão
  - Tipicamente 1 a 2 Mbps, até 4 Mbps
- Aplicações mais comuns:
  - Dispositivos de controle remoto
  - Comunicação de curto alcance



# Critérios para Seleção do Meio de Transmissão

- Saber as necessidades de largura da banda das aplicações que correm na rede
- Conhecer o ambiente de instalação:
  - Existência de interferências
    - Ex: Ambiente industrial
  - Hostilidade do ambiente
    - Ex: Presença de animais roedores
  - Dificuldade ou impossibilidade de instalação de cabos
- Custos dos meios de transmissão e da instalação



# Exercícios de fixação

1. Qual a importância do meio físico?
2. Como são codificados os bits para transmissão?
3. Por quê a transmissão digital é melhor que a analógica?
4. Quais as diferenças entre meios guiados e não guiados?
5. Os meios guiados são mais seguros e resistentes?
6. Quais as vantagens dos meios não guiados?