

# Redes Industriais e Sistemas Supervisórios

Técnico em Mecatrônica

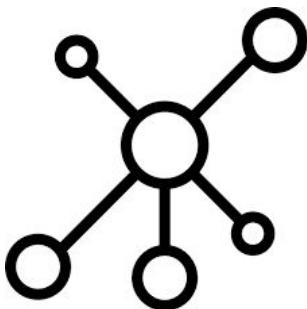
# O que são Redes Industriais?

Conceito, história e evolução

O que é uma Rede Industrial ?



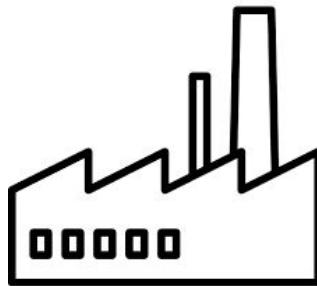
# O que é uma Rede Industrial ?



Rede industrial é um **sistema de comunicação de dados** projetado especificamente para a **troca de informações** entre, no mínimo, dois **dispositivos em um ambiente industrial**.

Emissor ---> Mensagem ---> Receptor

# O que é uma Rede Industrial ?



**Indústria:** Local de transformação de matérias-primas em serviços e bens comercializáveis, utilizando força humana, máquinas e energia.



# Revolução industrial

## Indústria 1.0

Séc. XVIII/XIX

- Carvão;
- Mudança rápida das tecnologias de produção;
- Novas estruturas econômico-sociais.



# Revolução industrial

## Indústria 2.0

Séc. XIX

- Eletricidade;
- Linhas de montagem de produção em massa.



# Revolução industrial

## Indústria 3.0

Séc. XX

- Automação;
- Produção parcialmente automatizada com uso da eletrônica e tecnologia da informação;
- 1969: 1<sup>a</sup> CLP



# Revolução industrial

## Indústria 4.0

Séc. XXI

- Dados;
- Digitalização e conexão de todos os atores do processo de geração de valor;
- Fusão da produção com tecnologias de informação e comunicação.



# Foco das inovações



- Processo produtivo
- Equipamentos

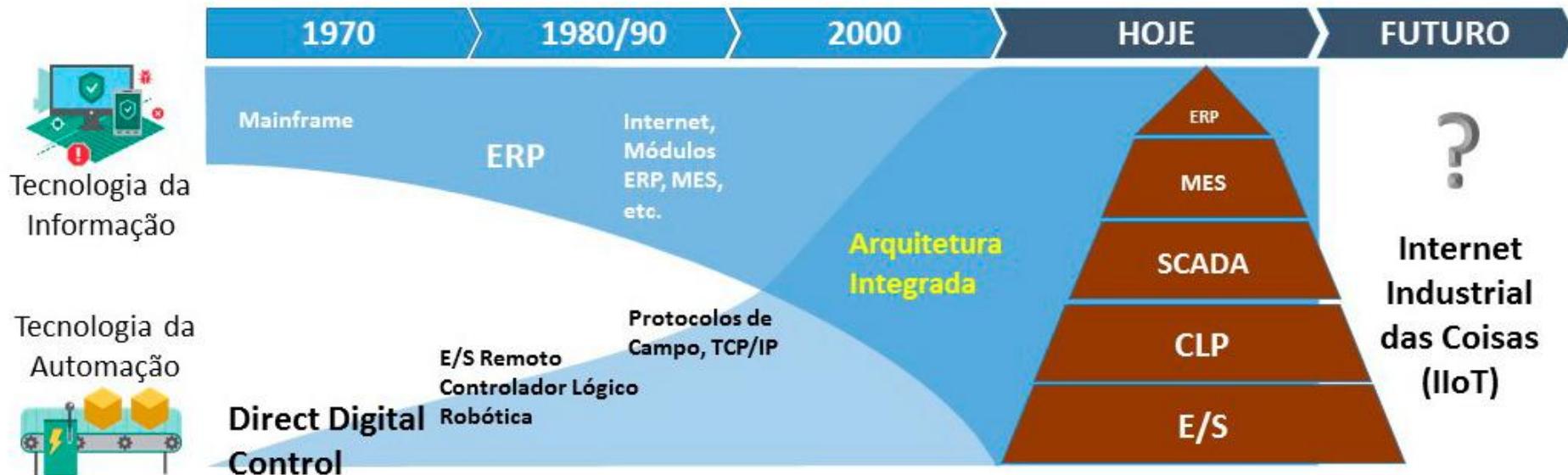
- Produção massiva de dados
- Nuvem (cloud)
- Inteligência Artificial
- Conexão entre um mundo físico e um sistema cibernético

# Fusão tecnológica



- Fusão**
- Tecnologias de Informação
  - Tecnologias de Automação/Operação

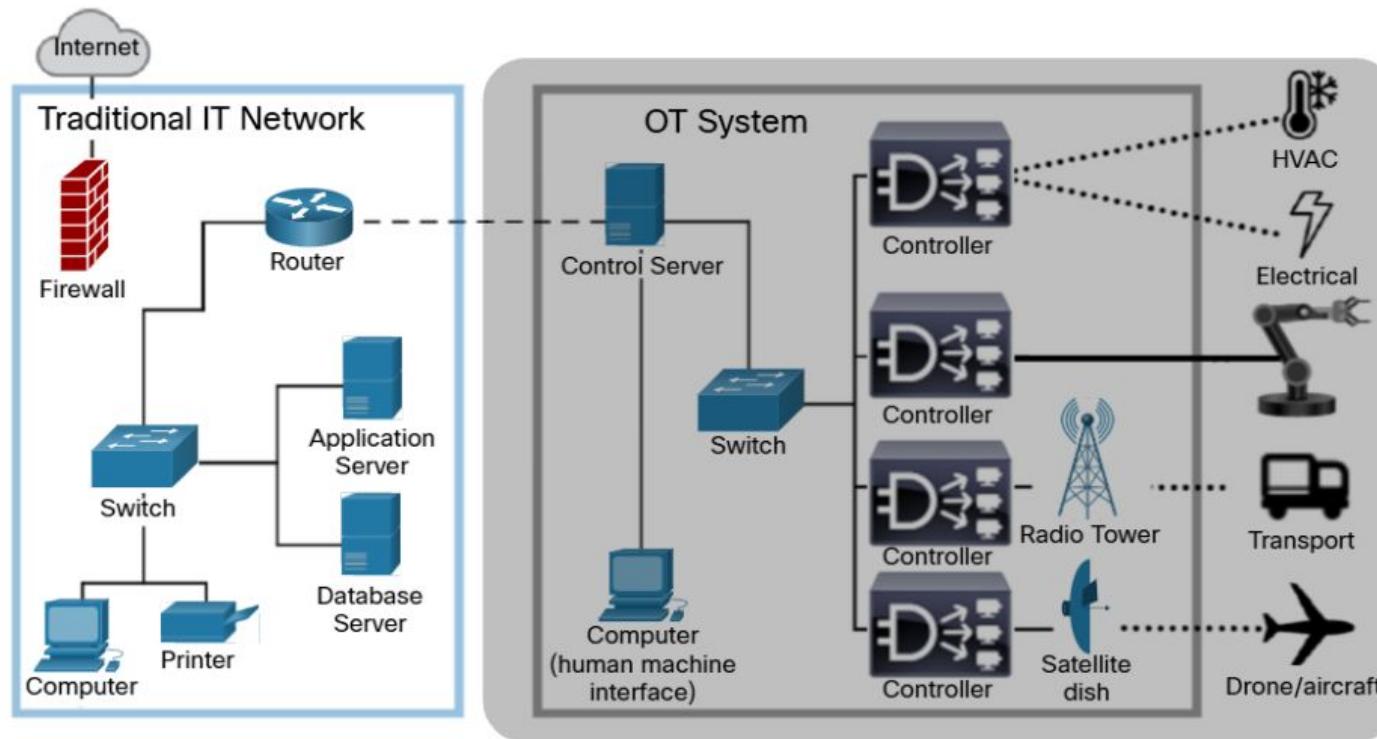
# Convergência TI+TA



ERP = Enterprise Resource Planning, MES Manufacturing Execution Systems, SCADA = Supervisory Control and Data Acquisition,  
CLP = Controlador Lógico Programável, E/S = Entrada/Saída.

Fonte: Altus - Como fica a Segurança Cibernética com a convergência entre TI e TA?  
Acesso em 20/08/2024

# Convergência TI+TA



Fonte: Cisco

# Comparação entre TI e TA

Comparação	TI	TA
Propósito	Gerenciamento de dados e informações	Controle de sistemas e processos
Ambiente de operação	Consumidor / Escritório	Ambiente industrial
Sistema Operacional	Comum	Desenvolvido para propósito específico
Ciclo de vida	3-5 anos	Décadas
Manutenção	Simples	Especializada
Atualizações	Frequente, rápida	Pouco frequente, testes extensos e impacto em produção
Forma	Poucas opções de configuração	Dispositivos pequenos, montados de forma única
Interface de rede	Cabeada, óptica ou Wi-Fi	LoraWAN ou WiSun
Protocolos	Sobre TCP/IP	Muitos

# Necessidades emergentes

- Segurança cibernética
- Adoção de IIoT
  - Desafios: padronização e interoperabilidade
- 5G + Baixa latência
  - +IIoT
  - gêmeos digitais
  - operações remotas
- IA
  - Oportunidades e desafios para segurança

# Benefícios da convergência

- Redução de defeitos (-48,9%)
- Tempo de inatividade não planejado (-47,8%)
- Custos de energia (-17,5%)
- Tempo de introdução de novos produtos (-23,1%)
- Aumento do giro de estoque (34,8%)
- Eficácia do equipamento (+16,2%)

# Objetivos da Rede Industrial

- ❑ Qualidade e **eficácia** no processo produtivo;
- ❑ **Redução de custos**;
- ❑ **Agilidade** empresarial;
- ❑ Informações em **tempo real**;
- ❑ **Eliminação** do uso de **interfaces manuais**;



# Objetivos da Rede Industrial

- ❑ **Otimização** e **qualidade** do fluxo das informações dentro da organização (eficiência) ;
- ❑ Otimização do processo de **tomada de decisão**;
- ❑ Eliminação da **redundância** de atividades;
- ❑ **Redução** dos limites de **tempo de resposta** ao mercado.



# Redes Industriais

Classificação e arquiteturas

# Classificação das Redes

## 1. Topologia física

- a. Barramento
- b. Anel
- c. Estrela
- d. Árvore
- e. Misto

## 2. Modelos de redes

- a. Origem-Destino
- b. Produtor-consumidor

## 3. Método de troca de dados

- a. Polling
- b. Cíclico
- c. Mudança de estado

## 4. Tipo de conexão

- a. Ponto a ponto
- b. Múltiplos pontos

## 5. Modo de transmissão

- a. Serial
- b. Paralelo

## 6. Sincronização de bits

- a. Síncrono
- b. Assíncrono

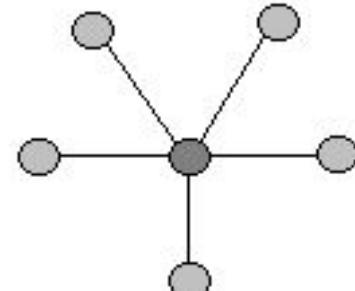
## 7. Modo de operação

- a. Simplex
- b. Half Duplex
- c. Full Duplex

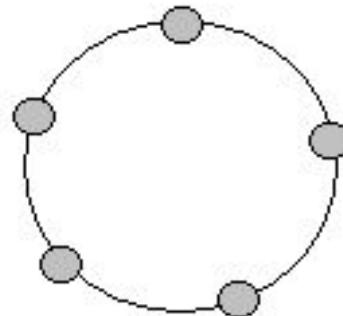
## 8. Tipo de comunicação

- a. Comutação de circuitos
- b. Comutação de pacotes

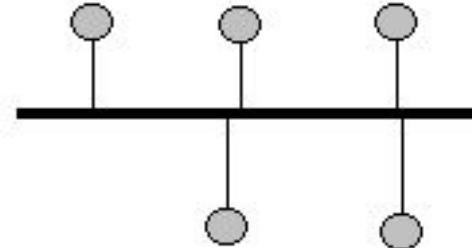
# 1. Topologia física



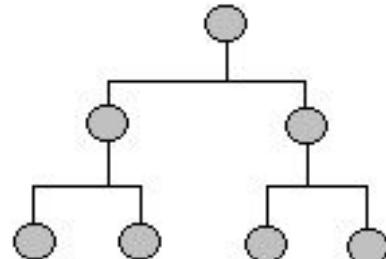
Estrela



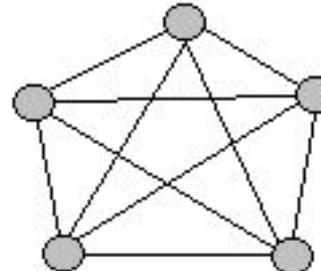
Anel



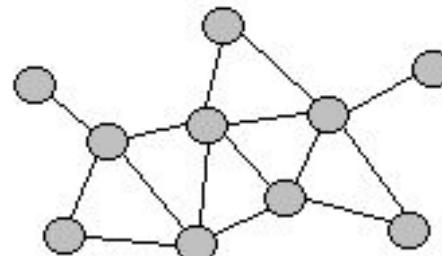
Barramento



Árvore

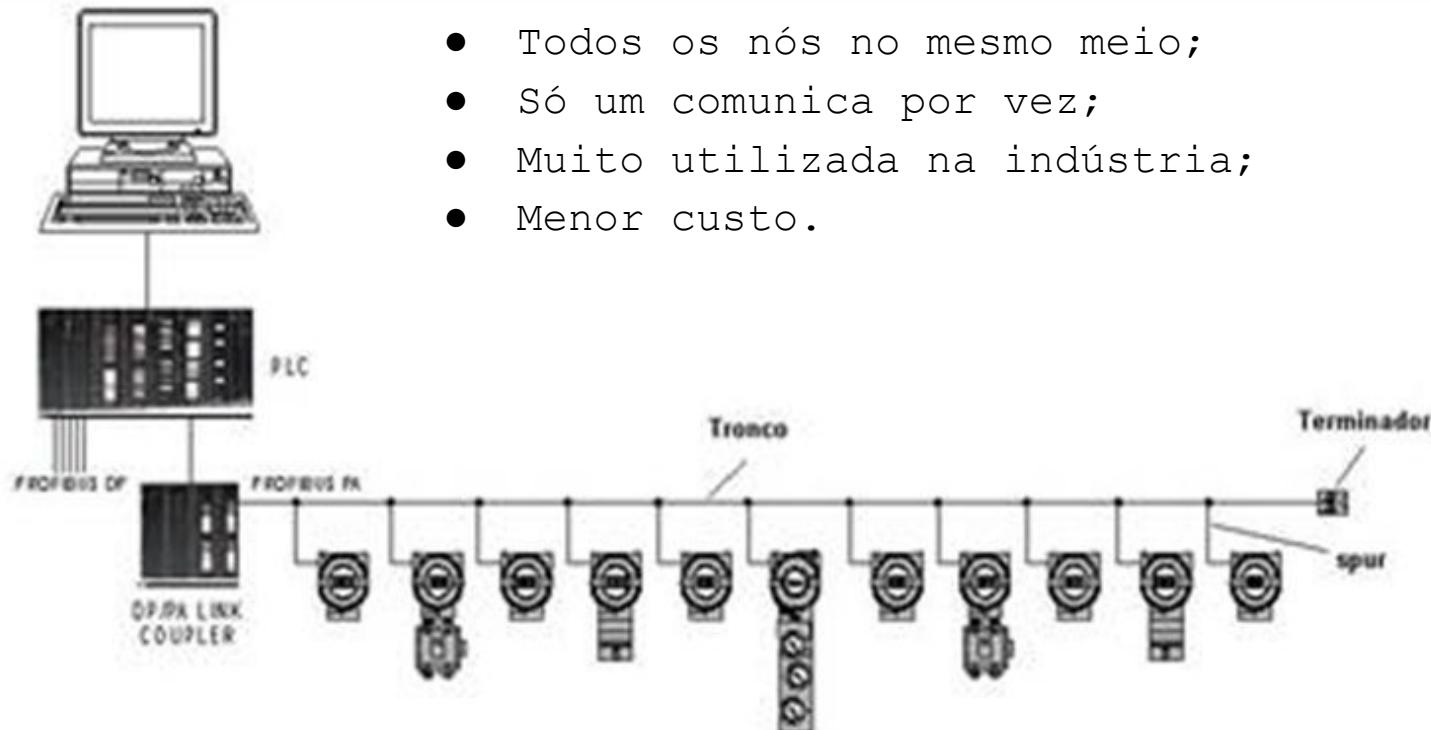


Ponto a Ponto



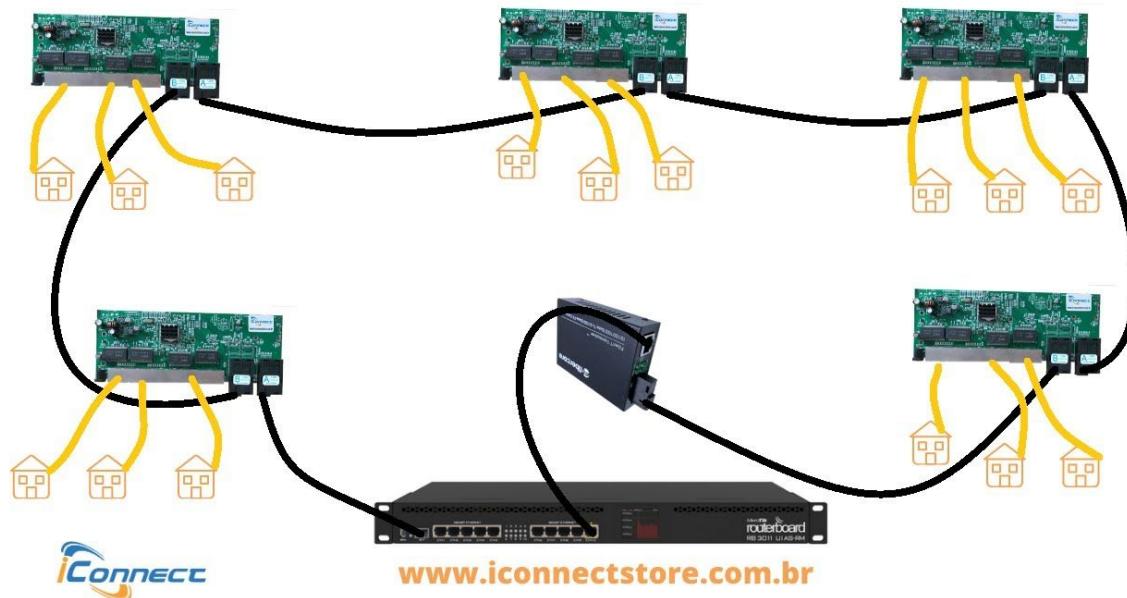
Mesh

# Topologia de redes: Barramento



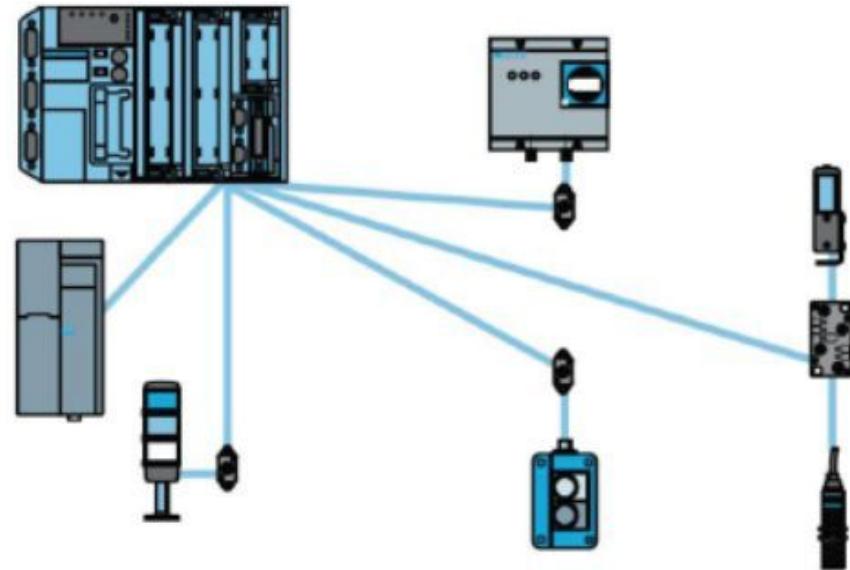
# Topologia de redes: Anel

- Utilizado em sistemas de automação industrial;
- Pode transmitir para o dois lados;
- Pode ser dupla com redundância;
- Todos recebem a informação.



# Topologia de redes: Estrela

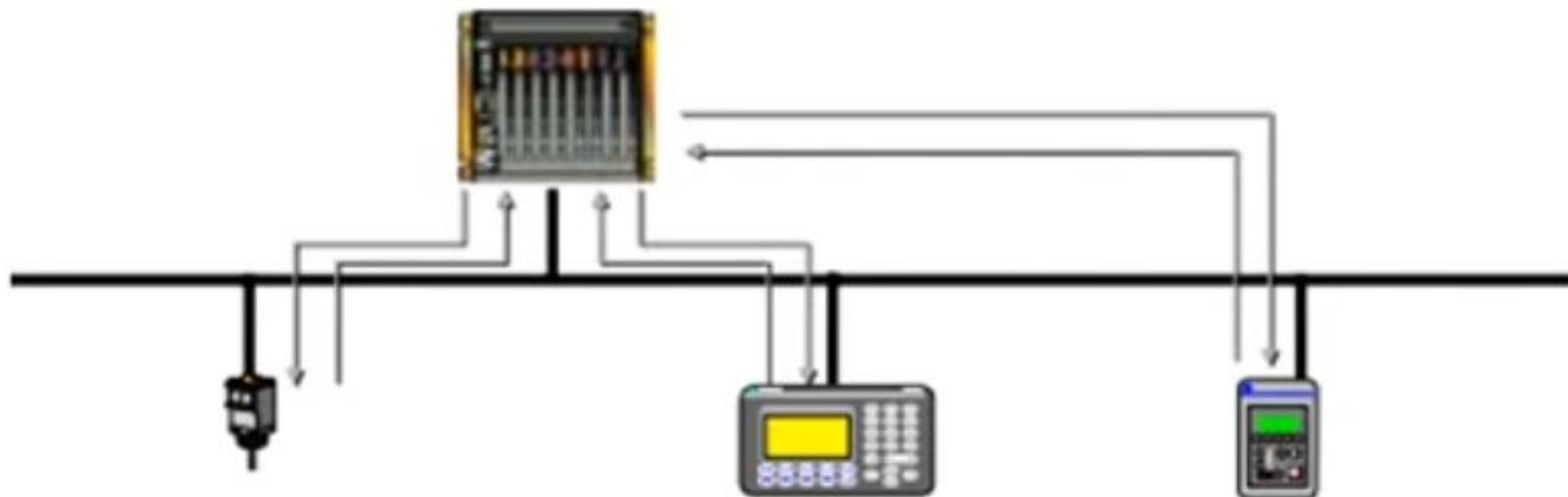
- Equipamento central interligando os demais;
  - Problemas:
    - nó de uma extremidade;
    - nó central;
- Limite da expansão;
- Limite da Velocidade;
- Implementação que costuma ser mais cara que as demais.



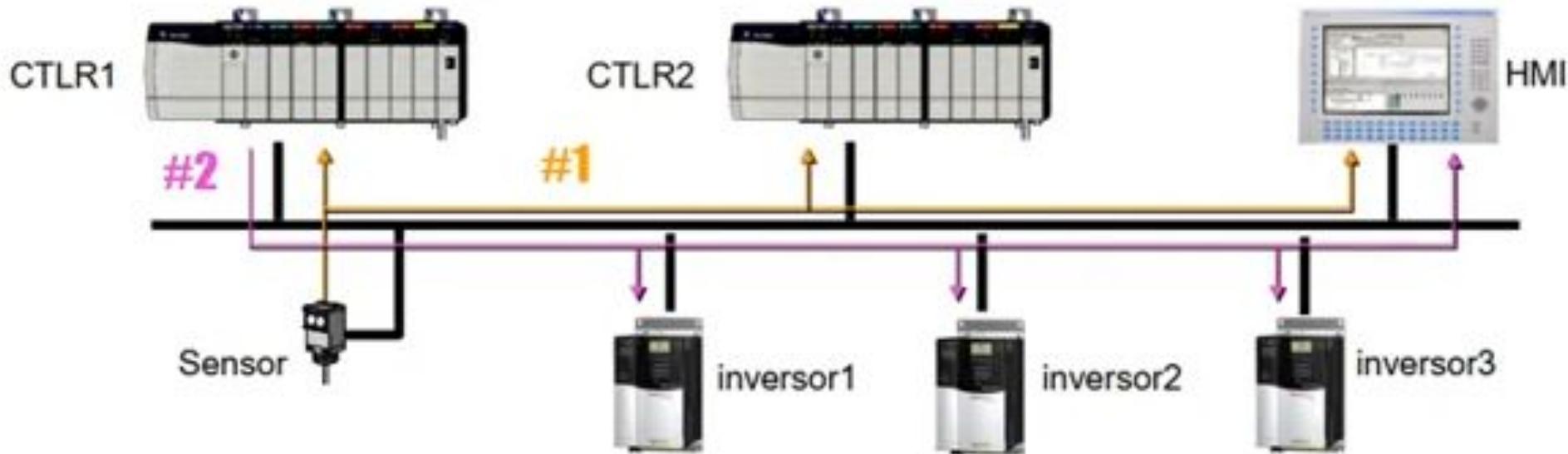
## 2. Modelos de redes

- Cliente/servidor
  - mestre/escravo
  - origem/destino – baseado em filas
- Produtor/consumidor
  - baseado em tabelas de comunicação

## 2.1 Origem-Destino

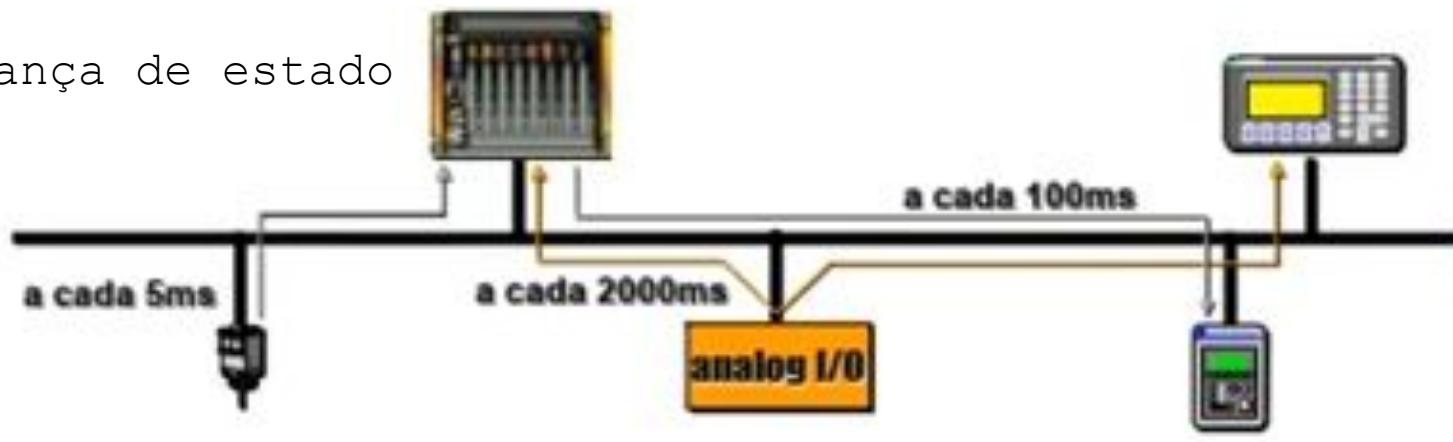


## 2.2 Produtor-Consumidor



### 3. Método de troca de dados

- a. Polling
- b. Cíclico
- c. Mudança de estado



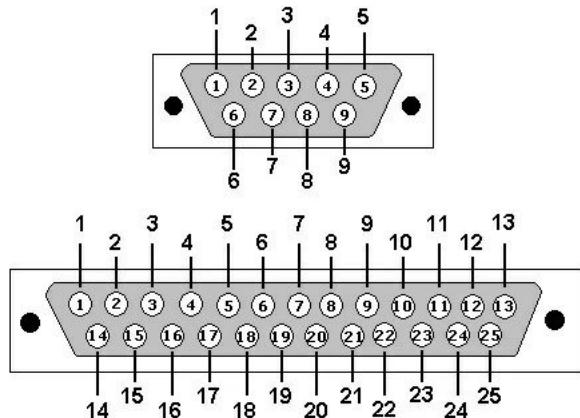
## 4. Tipo de conexão

- a. Ponto a ponto (*peer-to-peer*)
- b. Múltiplos pontos (*Multicast*)



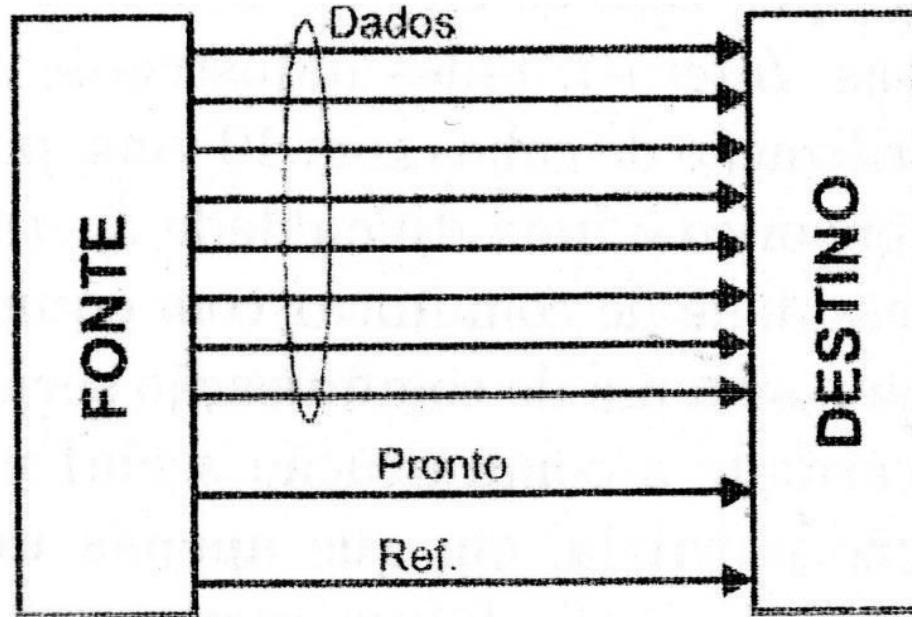
## 5. Modo de transmissão

- a. Paralelo
- b. Serial



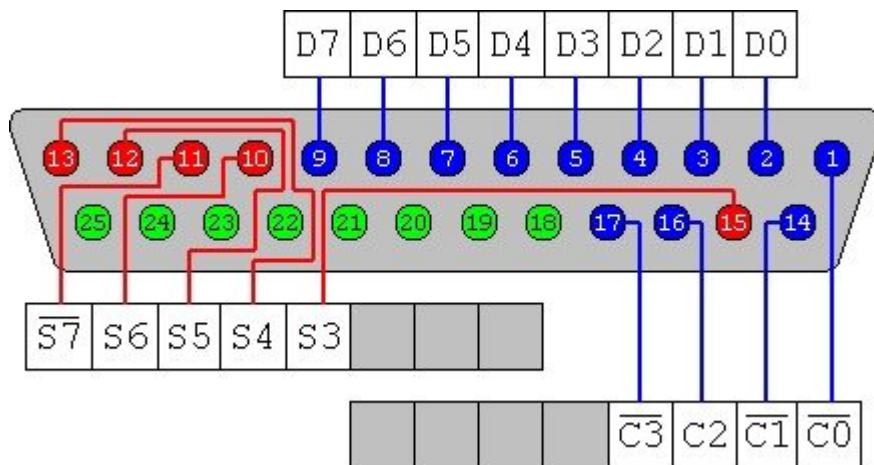
## 5.1 Paralelo

- Conjunto de bits é transmitido em várias vias simultaneamente;



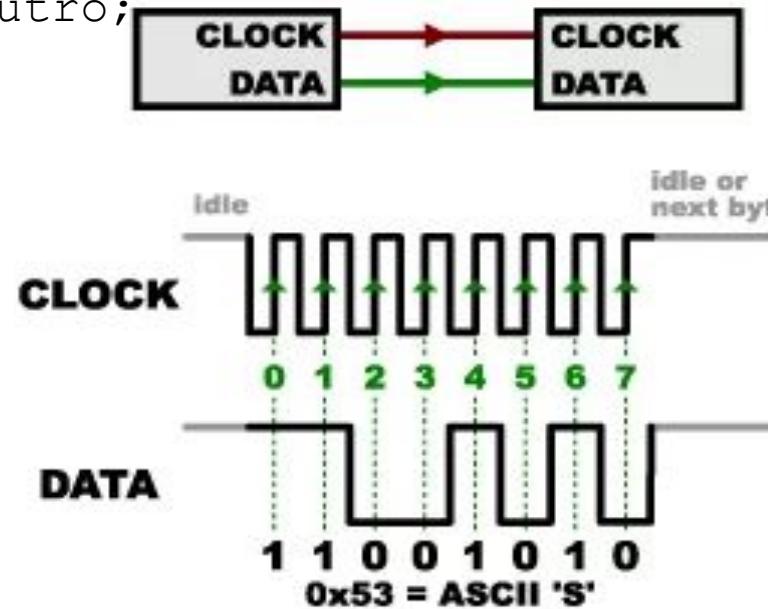
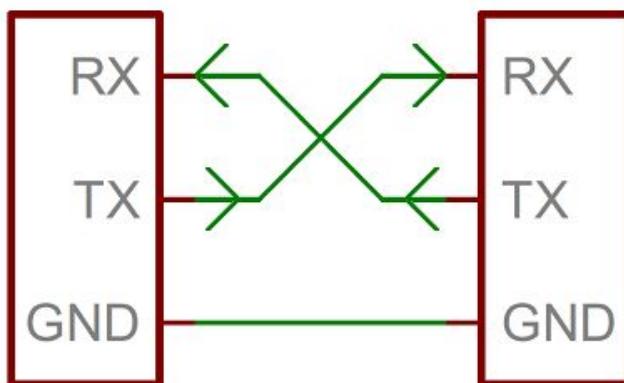
## 5.1 Paralelo

- Conjunto de bits é transmitido em várias vias simultaneamente;



## 5.2 Serial

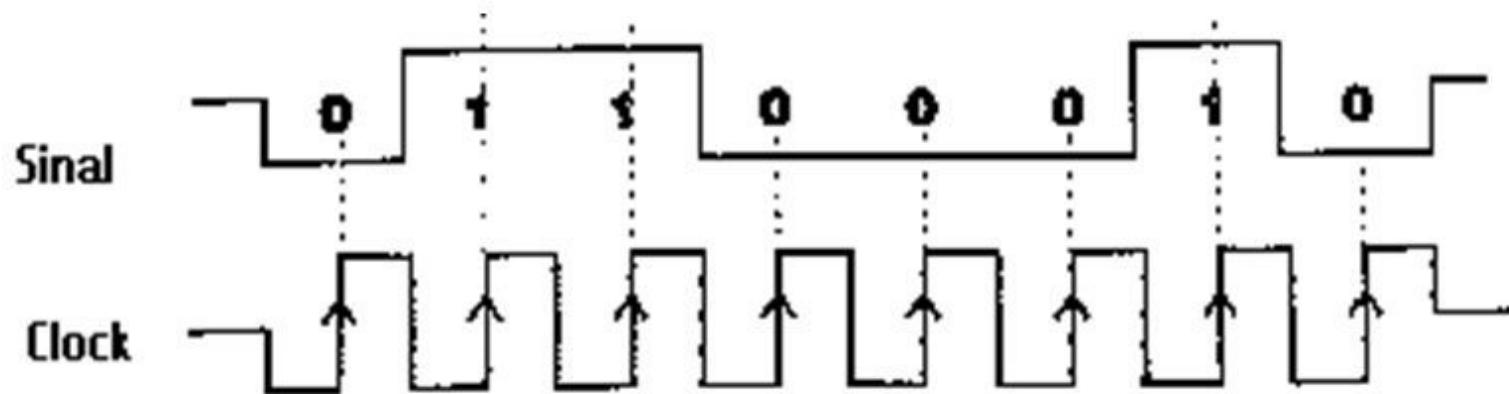
- Bits são transmitidos um após o outro;
- Utilizam o mesmo meio físico;
- Economia da interconexão;
- Velocidade maior de transmissão.



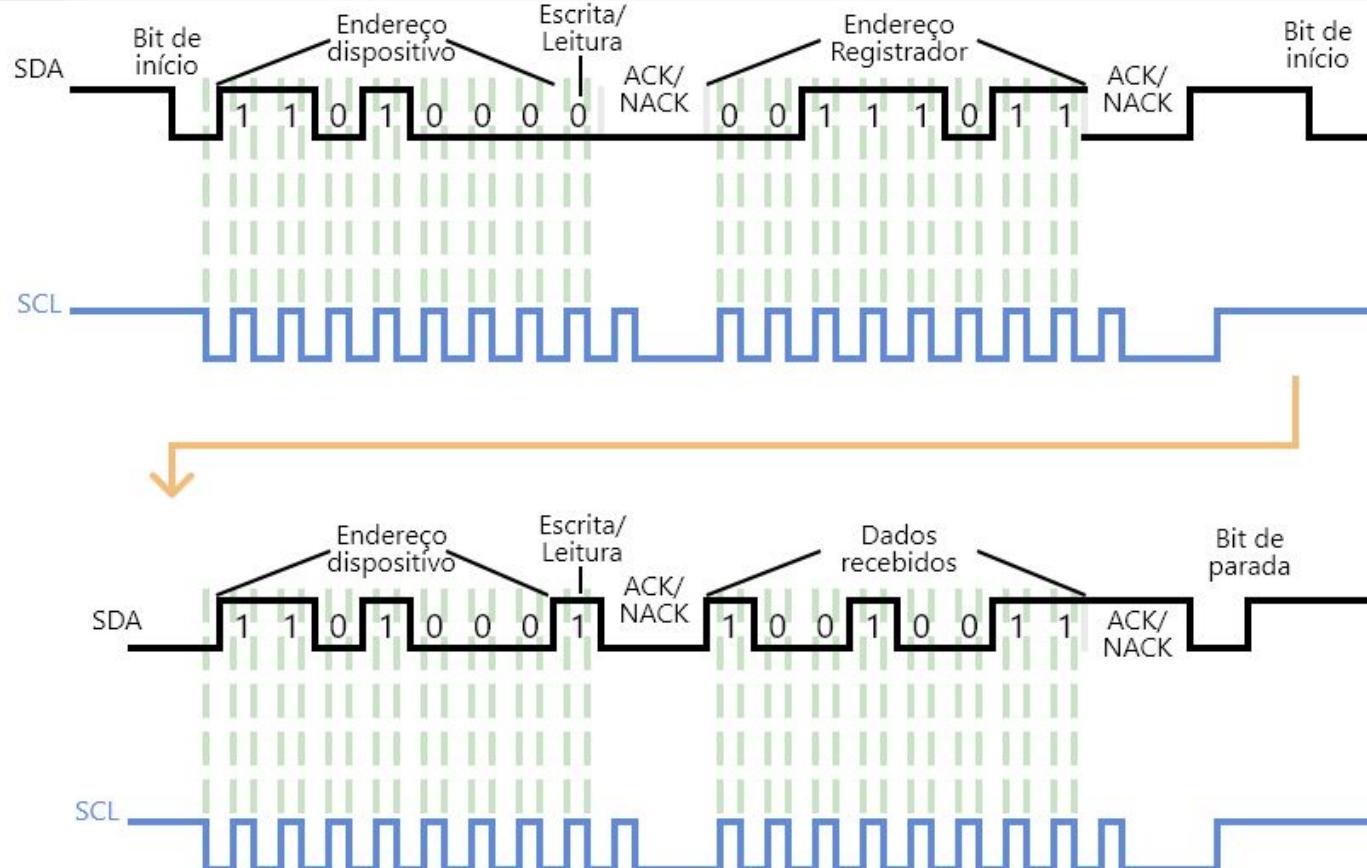
## 6. Sincronização de bits

- a. Síncrono
- b. Assíncrono

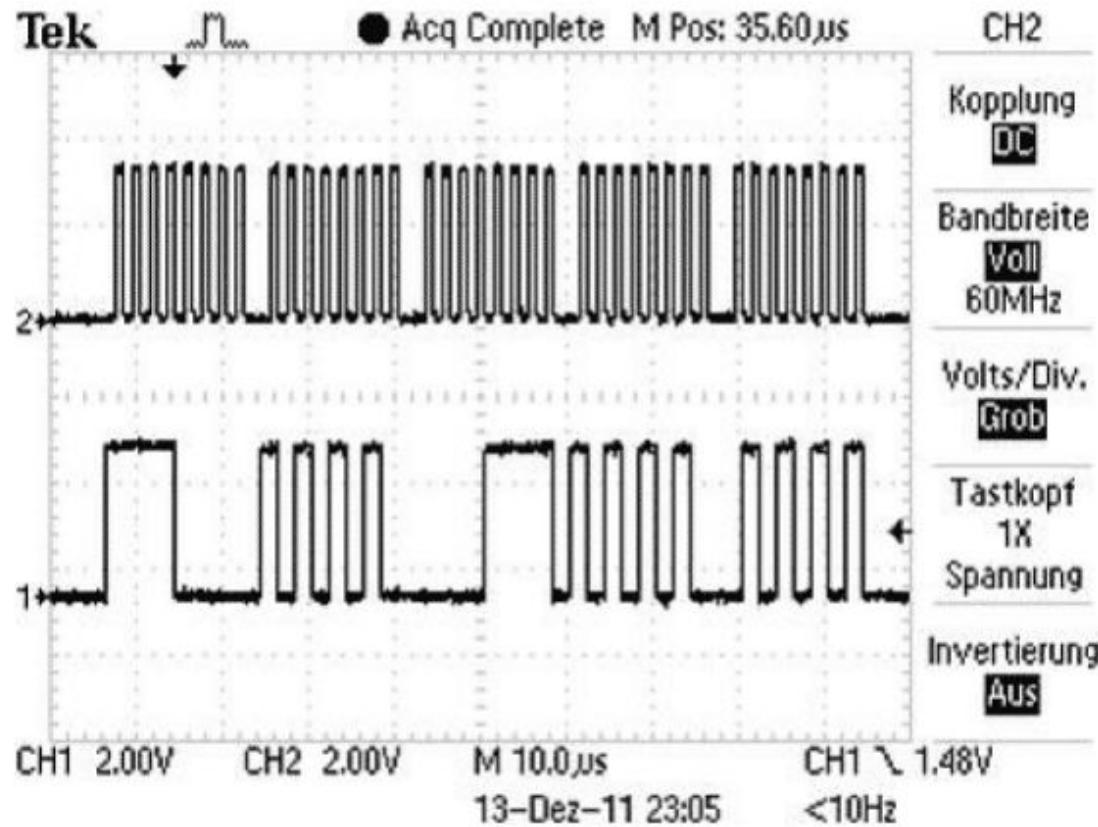
## 6.1 Comunicação Síncrona



## 6.1 Comunicação Síncrona

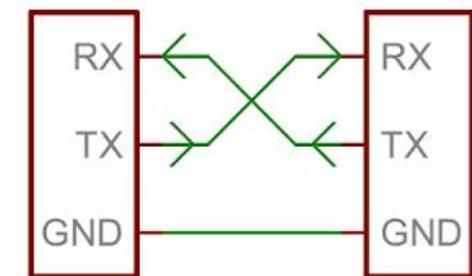
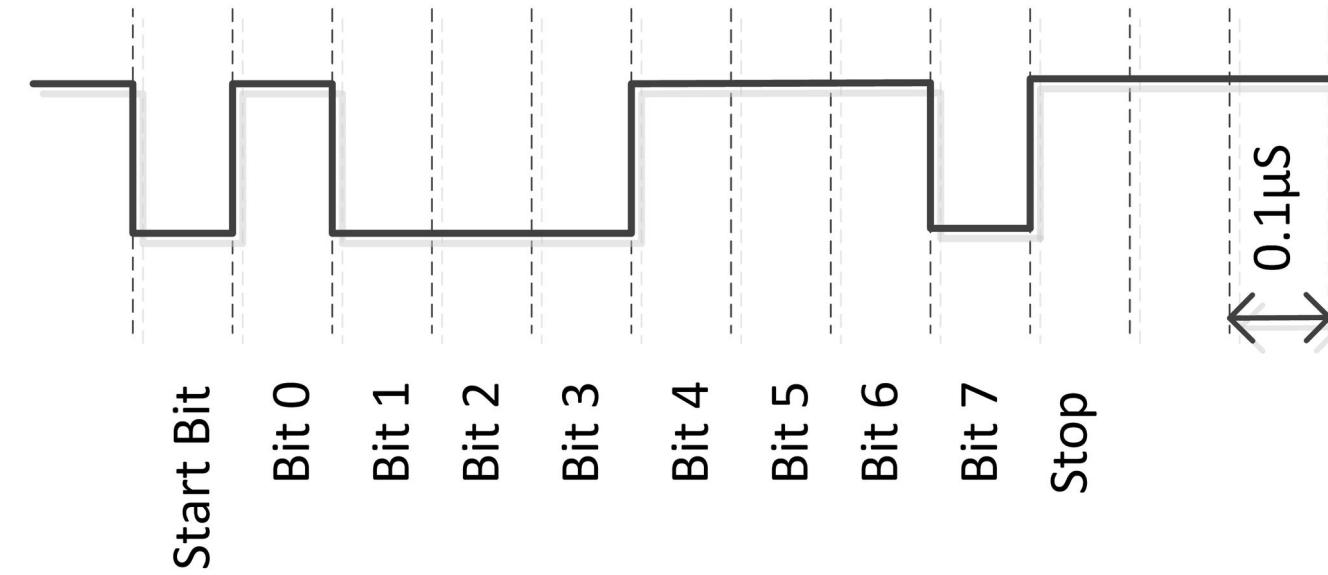


## 6.1 Comunicação Síncrona



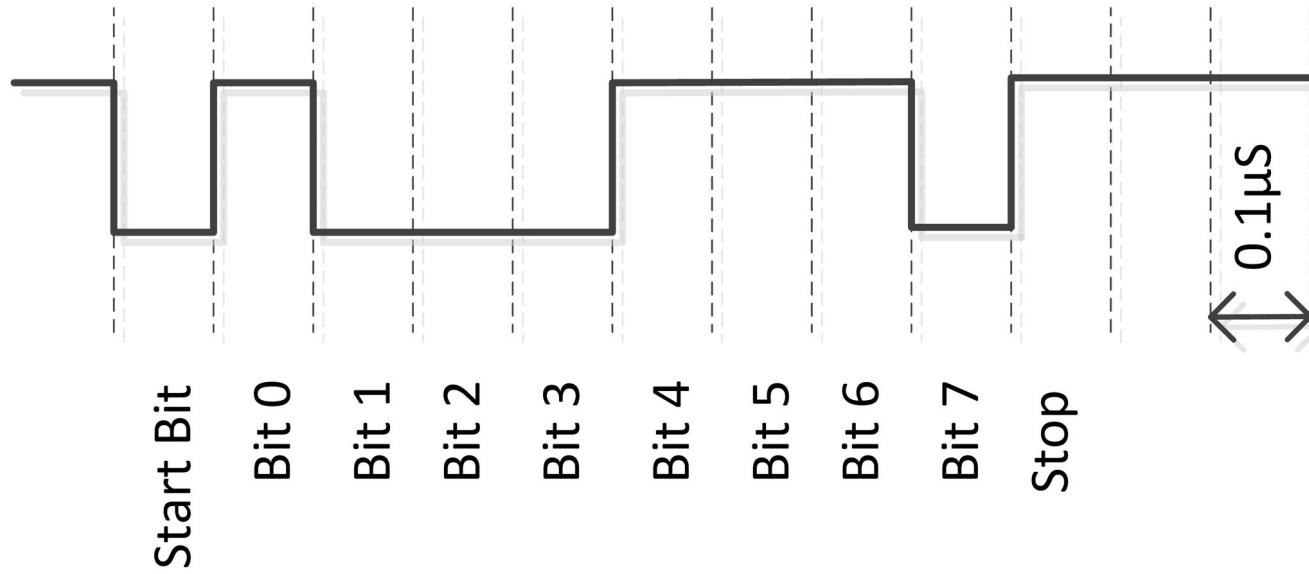
## 6.1 Comunicação Assíncrona

0x71, 8N1 ( 8 Data bits, No Parity, 1 Stop)



## 6.1 Comunicação Assíncrona

0x71, 8N1 ( 8 Data bits, No Parity, 1 Stop)



Baud rate

1200

2400

4800

9600

19200

38400

57600

115200

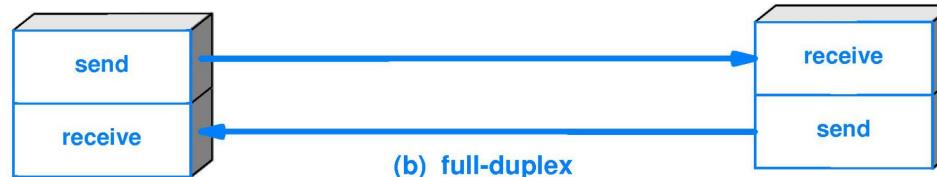


## 7 . Modo de operação

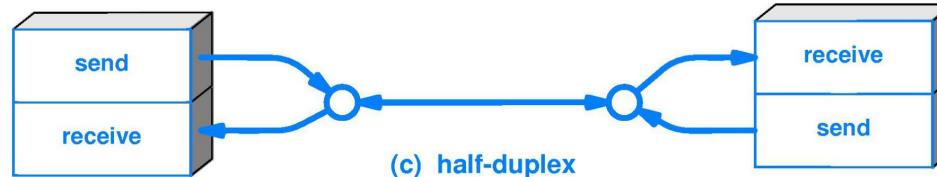
- a. Simplex
- b. Half Duplex
- c. Full Duplex



(a) simplex



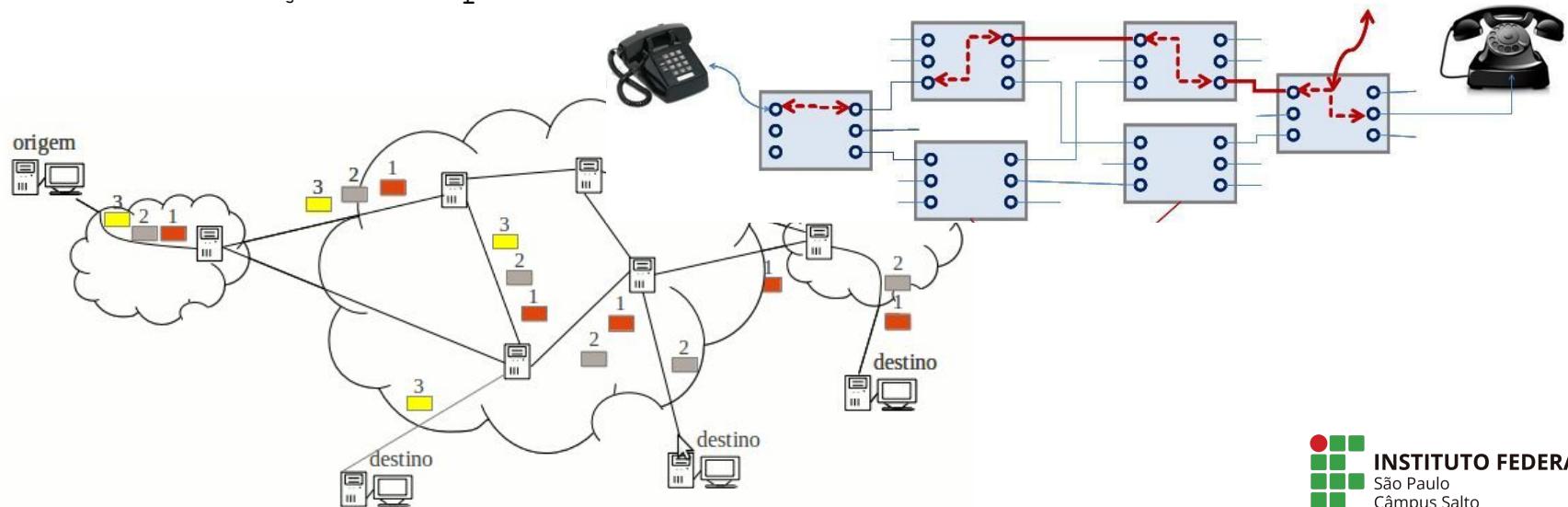
(b) full-duplex



(c) half-duplex

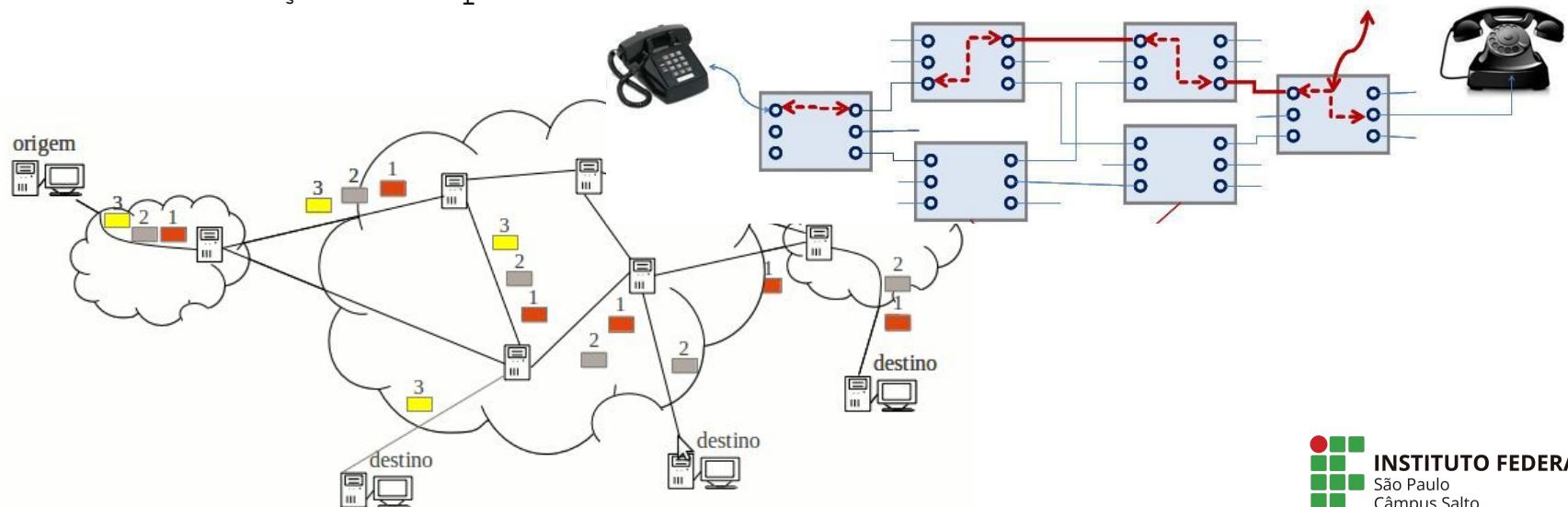
# 8 . Tipo de comunicação

1. Comutação de circuitos
2. Comutação de pacotes



# 8 . Tipo de comunicação

1. Comutação de circuitos
2. Comutação de pacotes



# Redes Industriais

Critérios para dimensionamento

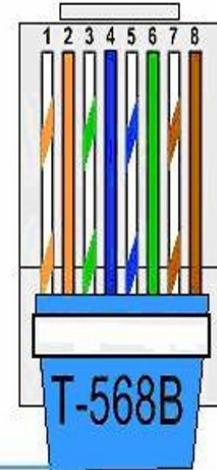
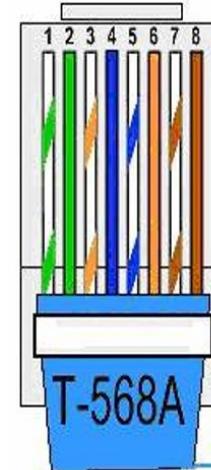
# Critérios para dimensionamento

- **Meio físico de comunicação**
- Cobertura geográfica (topologia e distância)
- Método de acesso
- Desempenho (Velocidade x Throughput)
- Confiabilidade (Determinístico x Probabilístico)
- Protocolo de comunicação

# Cabo par trançado



- Baixo custo;
- Simplicidade de conexão;
- Telefonia:
  - par trançado simples;
- Computação:
  - pares trançados agrupados em cabo multipar;
- Transmissão de até 100Mbps
  - a depender da categoria.



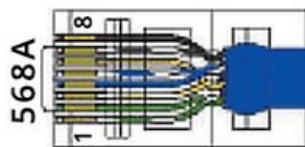
# Cabo par trançado

**TIA 568A**

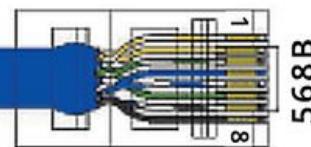
Pin #	Wire Color Legend	Signal
1	White/Green	TX+
2	Green	TX-
3	White/Orange	RX+
4	Blue	TRD2+
5	White/Blue	TRD2-
6	Orange	RX-
7	White/Brown	TRS3+
8	Brown	TRD3-

**TIA 568B**

Pin #	Wire Color Legend	Signal
1	White/Orange	TX+
2	Orange	TX-
3	White/Green	RX+
4	Blue	TRD2+
5	White/Blue	TRD2-
6	Green	RX-
7	White/Brown	TRS3+
8	Brown	TRD3-



CAT5e CABLE



CAT5e CABLE

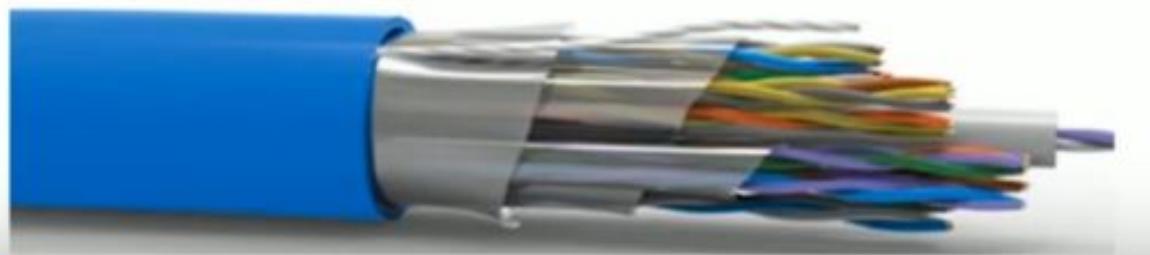
CROSS-OVER CABLE (568A - 568B)

## Cabo par trançado

- Padronizado pela EIA/TIA 568
  - *Electronic Industries Association / Telecommunications Industry Association)*
    - Cabos com 4 pares



- Cabos com 25 pares



## Cabo par trançado

*UTP - Unshielded Twisted Pair*  
Par trançado sem blindagem



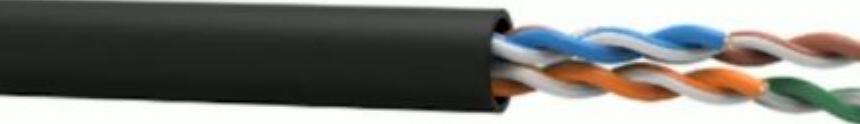
*FTP - Foiled Twisted Pair*  
Par trançado com blindagem



## Cabo par trançado: Material da capa

PVC – *Polyvinyl chloride*  
Policloreto de polivinil

- Baixa resistência a abrasão e óleos;
- Excelente resistência para luz UV e Química.



TPU – *Thermoplastic polyurethane*  
Poliuretano termoplástico

- Baixa resistência a luz UV e a propagação de chama
- Excelente resistência a abrasão, química e óleos



## Cabo par trançado: Categorias

Padrão	Frequência Máxima	Distância Máxima	Velocidade Máxima	Uso
CAT 5e	100MHz	100m	1Gbps	
CAT 6	250MHz	100m 55m	1Gbps 10Gbps	Uso geral, residencial, comercial e industrial
CAT 6A	500Mhz	100m	10Gbps	Data Center e comercial
CAT 8	2000Mhz	-	40Gbps	Em desenvolvimento

# Flamabilidade de cabos de rede

CARACTERÍSTICA	CMX	CM / COG	CMR / COR	CMP / COP	LSZH - 1	LSZH - 3 (LSZH)
FLAMABILIDADE	REGULAR	BOM	EXCELENTE	EXCELENTE	REGULAR	BOM
GERAÇÃO DE FUMAÇA	RUIM	RUIM	RUIM	BOM	EXCELENTE	EXCELENTE
GASES TÓXICOS	RUIM	RUIM	RUIM	RUIM	EXCELENTE	EXCELENTE
CORROSIVIDADE DO GÁS	RUIM	RUIM	RUIM	PÉSSIMO	EXCELENTE	EXCELENTE
TEMPO DE FOGO	FOGO CONTÍNUO	00:17	00:03	00:01	05:13	00:01
RESISTÊNCIA À CHAMA	NENHUMA RESISTÊNCIA	RUIM	BOM	MUITO BOM	PÉSSIMO	MUITO BOM
Exemplo de Aplicação	Uso Limitado	Uso Geral	Uso em Shafts	Uso em Espaço Plenum (confinado)	Uso Geral	Uso Geral com Grande Concentração de Pessoas

CMX: CABO METÁLICO GENÉRICO

CMR: CABO METÁLICO RISER

COP: CABO ÓPTICO PLENUM

CM: CABO METÁLICO

COR: CABO ÓPTICO RISER

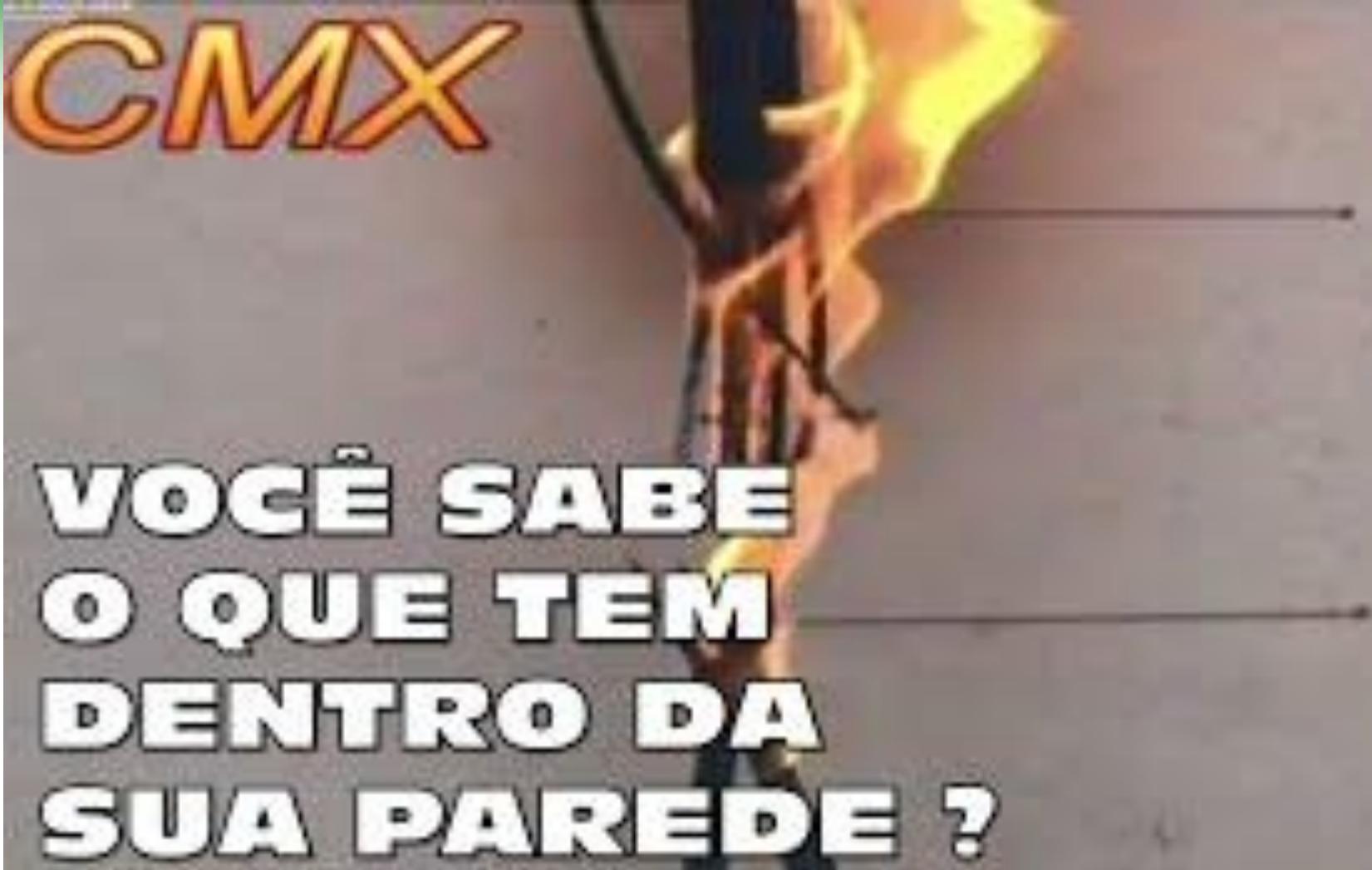
LSZH: Low Smoke Zero Halogen

COG: CABO ÓPTICO GERAL

CMP: CABO METÁLICO PLENUM

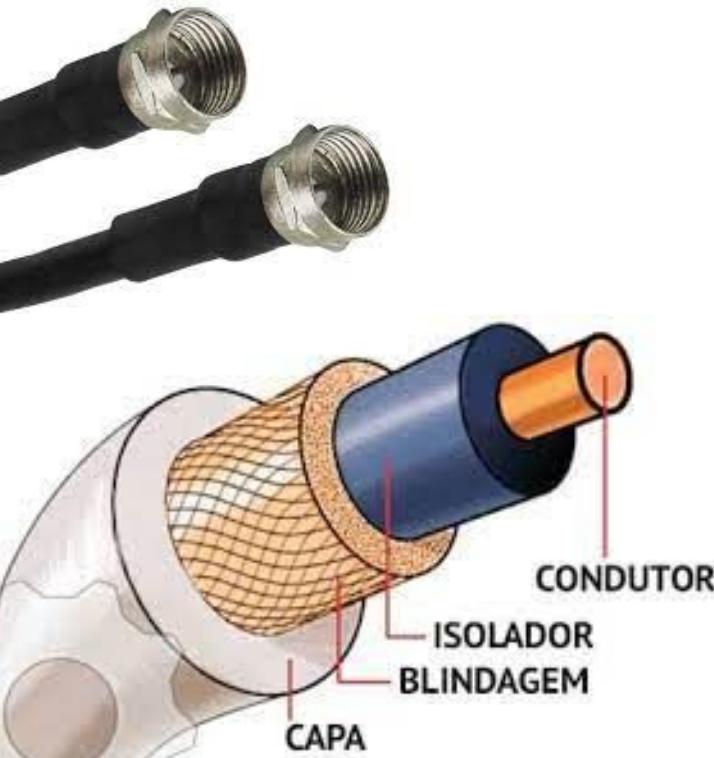
LSZH-1: IEC 60332-1

LSZH-3: IEC 60332-3



**VOCÊ SABE  
O QUE TEM  
DENTRO DA  
SUA PAREDE ?**

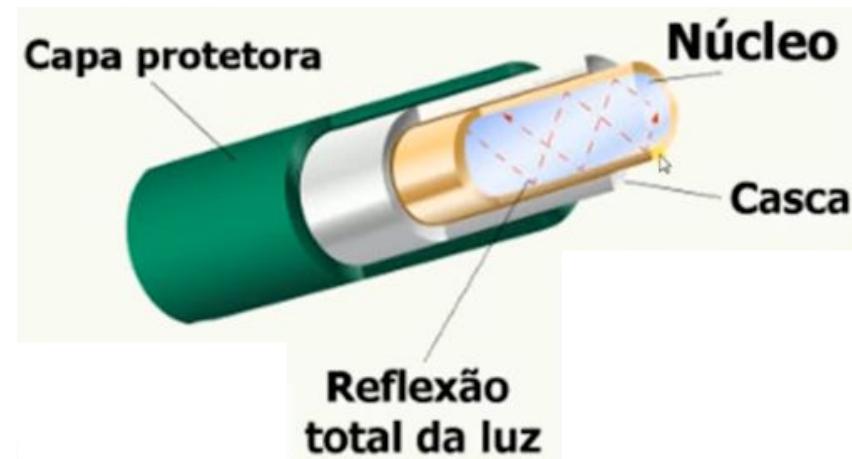
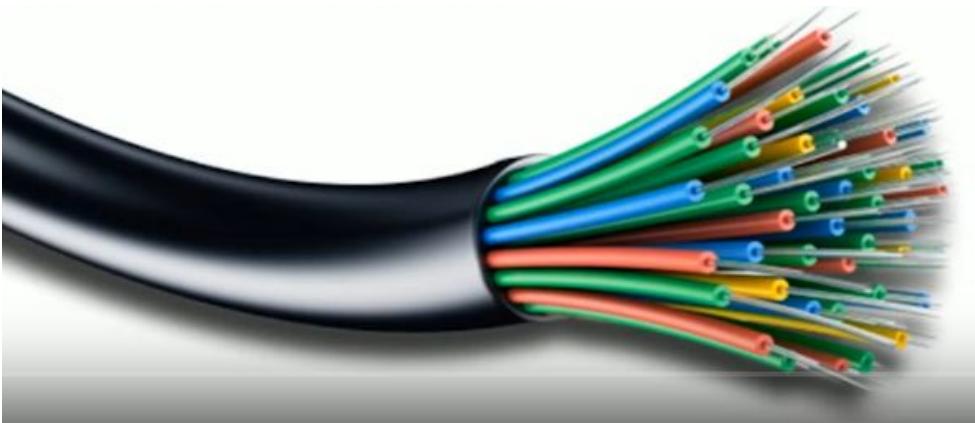
# Cabo coaxial



1. Comparando com o par trançado:
  - a. Maior distância;
  - b. Menos propício aos ruídos;
  - c. Mais barato;
  - d. Mais fácil de instalar;
  - e. Ocupa menos espaço.
2. Modelo de cabo antigo;
3. Já foi usado nas primeiras redes de computadores e na indústria;
4. Hoje: sinal de T.V;
5. Conector BNC

# Fibra óptica

- Filamento flexível e transparente;
- Fabricado de vidro ou plástico;
- Condutor de luz;
- Diâmetro de micrômetros;



# Fibra óptica

## Vantagens

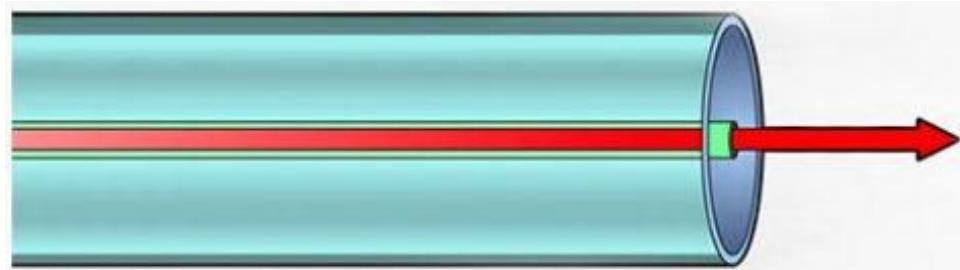
- Melhor desempenho a grandes distâncias;
- Altas taxas de transmissão;
- Perda de transmissão muito baixa;
- Não sofre interferência eletromagnéticas;
- Ocupam menos espaço;
- Menor consumo de energia para transmissão.

## Desvantagens

- Muito frágil;
- Mais caro;
- Mão de obra especializada;
- Não admite curvaturas bruscas;
- Equipamentos e conectores especiais;

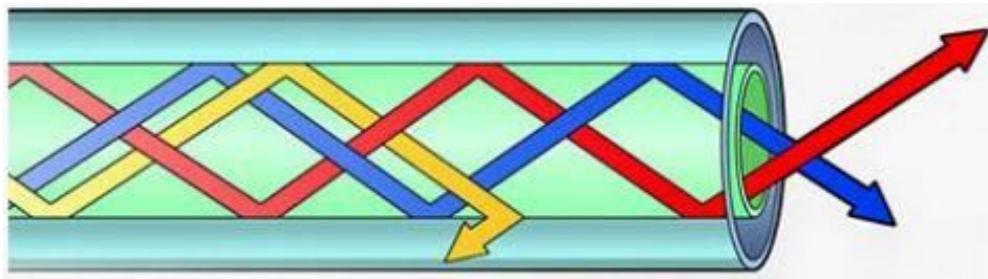
## Fibra óptica: tipo Monomodo

- A primeira a ser produzida;
- Transmite apenas um sinal luminoso por vez;
- Núcleo é na ordem de 3 a 8 micrômetros;
- Transmite a longas distâncias (80km) sem a necessidade de regeneração do sinal;
- Taxa de transmissão maior.



## Fibra óptica: tipo Multimodo

- Transmite mais de um sinal por vez;
  - Diferentes comprimentos de onda;
- Núcleo é maior;
- Custo é menor;
- Curtas distâncias.
  - Centenas de metros.



## Fibra óptica: tipo Multimodo

Tipo	Distância	Velocidade	Núcleo	Tecnologia
OM1	275m	1Gbps	62,5/125μm	LED
OM2	550m	1Gbps	50/125μm	LED
OM3	240m 75m	40Gbps 100Gbps	50/125μm	Laser
OM4	350m 100m	40Gbps 100Gbps	50/125μm	Laser
OM5	440m 150m	40Gbps 100Gbps	50/125μm	Laser

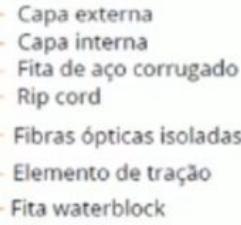
# Fibra óptica: diferentes cabos



FIBER-LAN INDOOR/OUTDOOR 12F



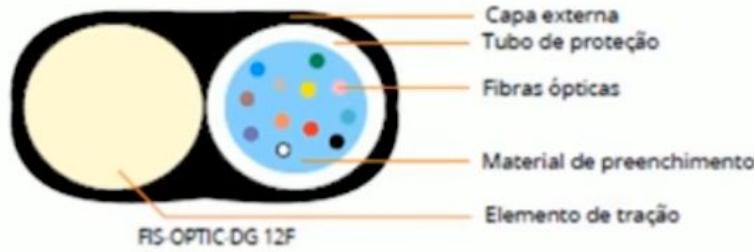
FIBER-LAN AR 12 FIBRAS



FIBER-LAN AR (PPV) 12F



OPTIC-LAN 12 FIBRAS



FIS-OPTIC DG 12F



OPTIC-LAN AR (PPV) 12 FIBRAS



CFOT-UB 36 FIBRAS



FIBER-LAN INDOOR 12F

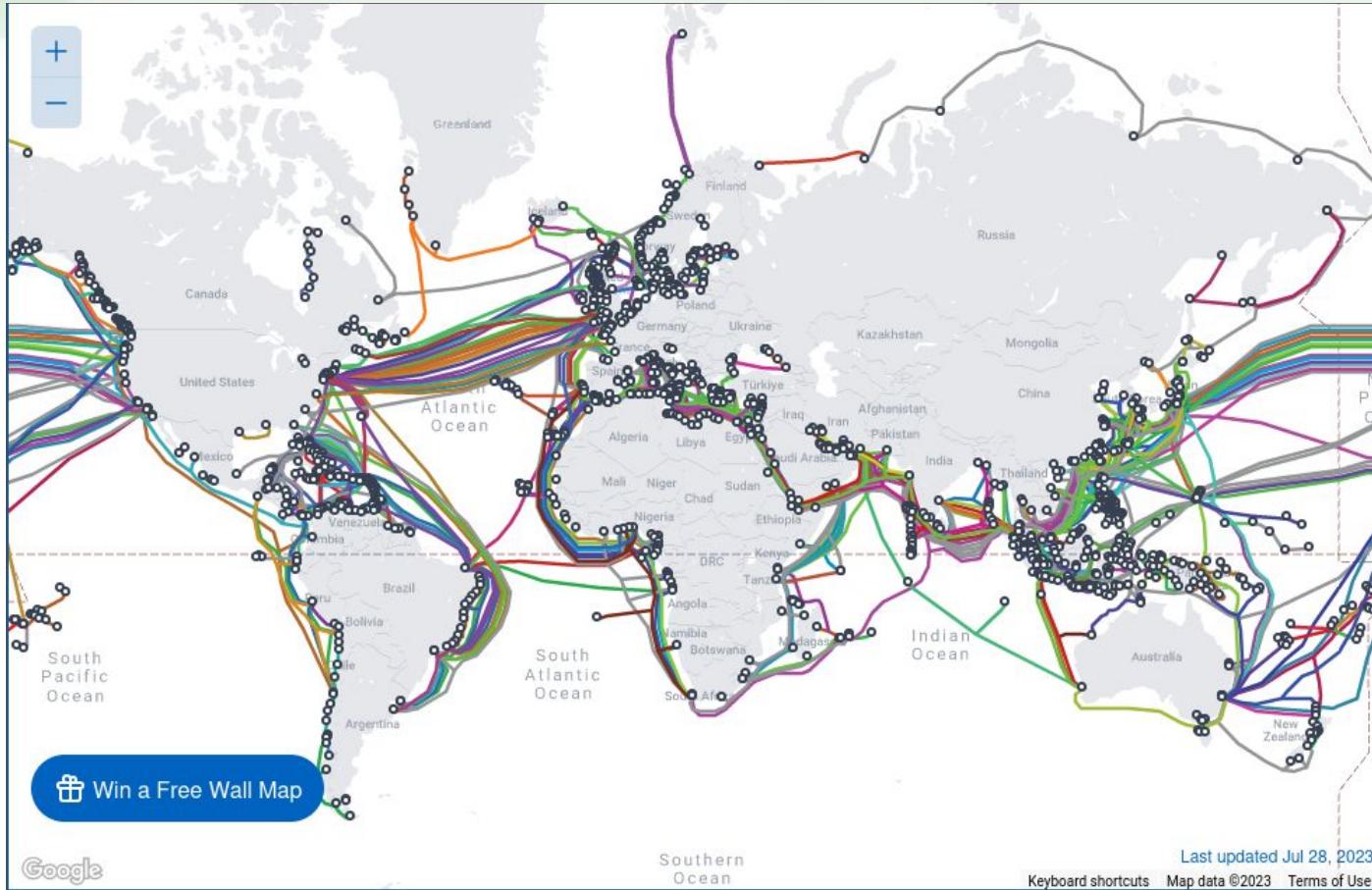
# Cabo intercontinental



# Cabo intercontinental



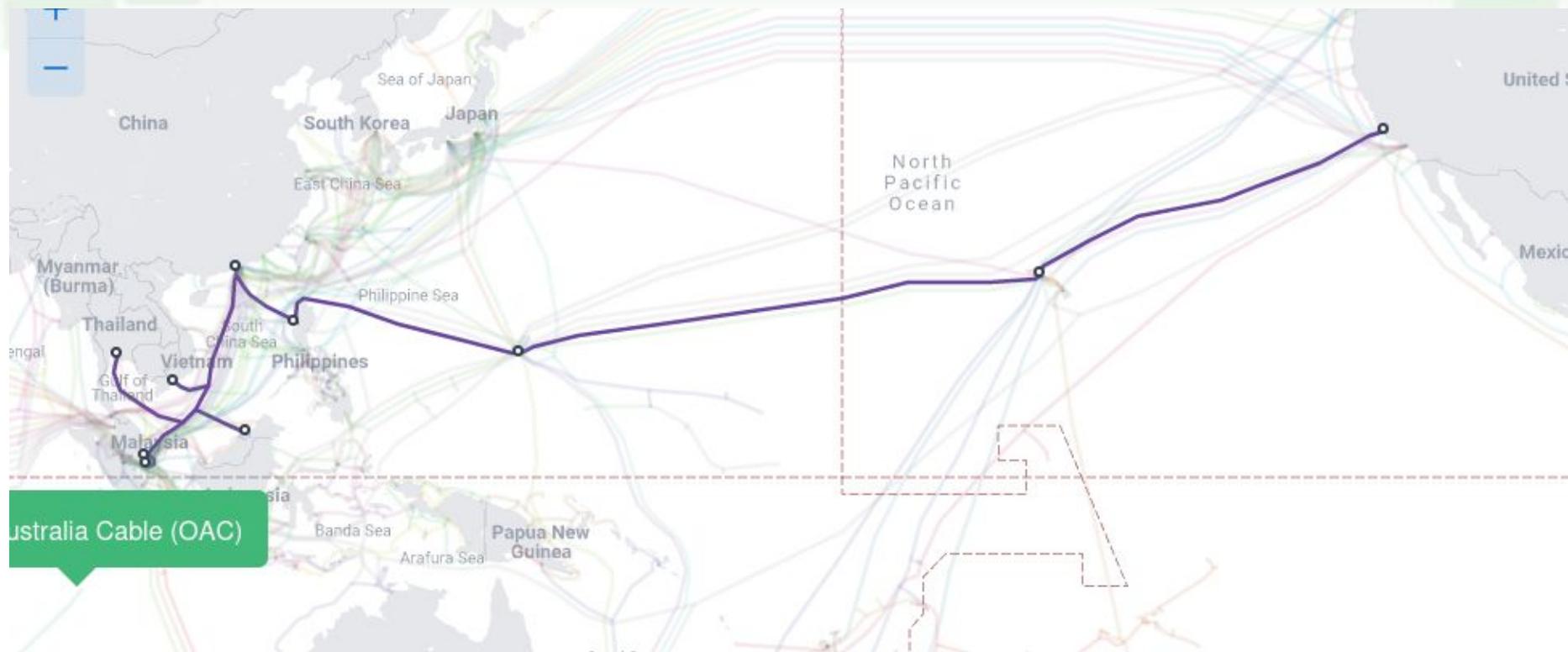
# Submarine Cable Map



# CeltixConnect-1 (CC-1) 131 km



# Asia-America Gateway (AAG) 20.000 km



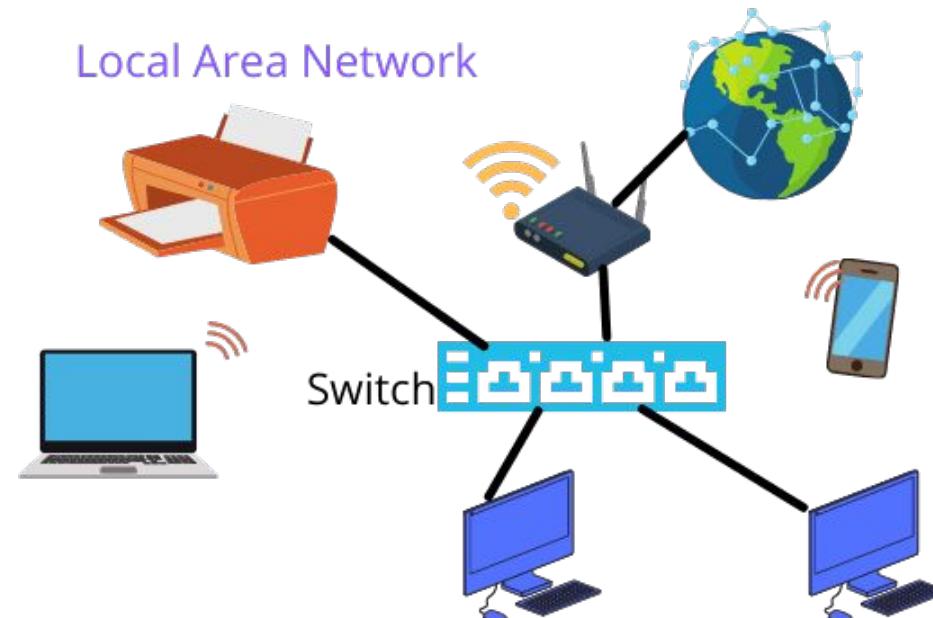
# Critérios para dimensionamento

- Meio físico de comunicação
- **Cobertura geográfica (topologia e distância)**
- Método de acesso
- Desempenho (Velocidade x Throughput)
- Confiabilidade (Determinístico x Probabilístico)
- Protocolo de comunicação

# Cobertura Geográfica (topologia e distância)

## 1. LAN (*Local Area Networks*) - **Rede Local**

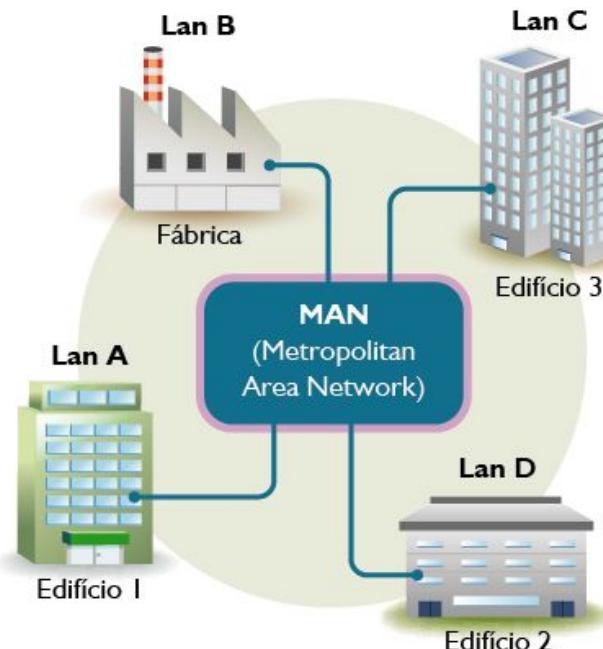
- Interligam computadores presentes dentro de um mesmo espaço físico.



# Cobertura Geográfica (topologia e distância)

## 2. MAN (*Metropolitan Area Networks*) – **Rede Metropolitana**

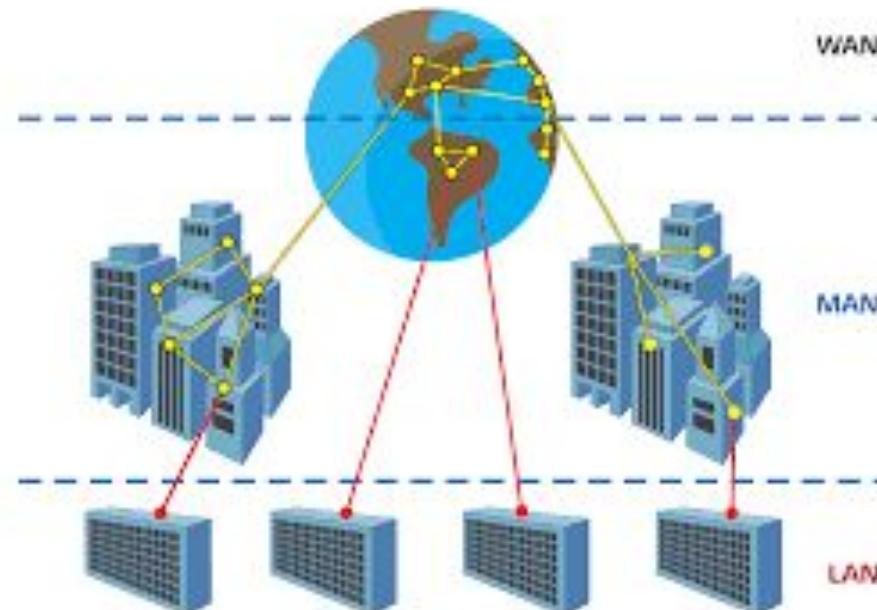
- Conecta diversas Redes Locais dentro de algumas dezenas de quilômetros.



# Cobertura Geográfica (topologia e distância)

## 3. WAN (Wide Area Network) - Rede de Longa Distância

- Vai um pouco além da MAN e consegue abranger uma área maior, como um país ou até mesmo um continente.



# Cobertura Geográfica (topologia e distância)

## 4. WLAN (Wireless Local Area Networks) - Rede Local Sem Fio

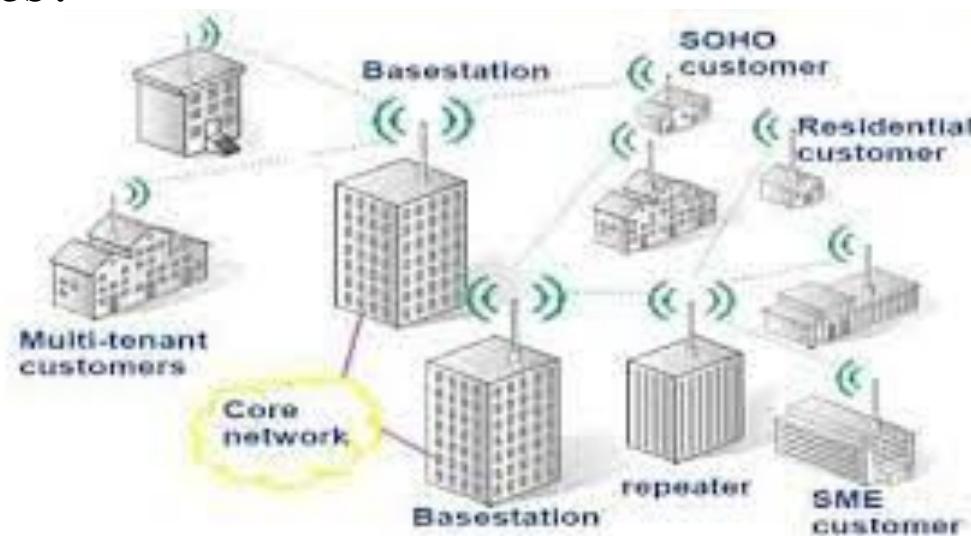
- Esse tipo de rede conecta-se à internet e é bastante usado tanto em ambientes residenciais quanto em empresas e em lugares públicos.



# Cobertura Geográfica (topologia e distância)

## 5. WMAN (Wireless Metropolitan Area Networks) – Rede Metropolitana Sem Fio

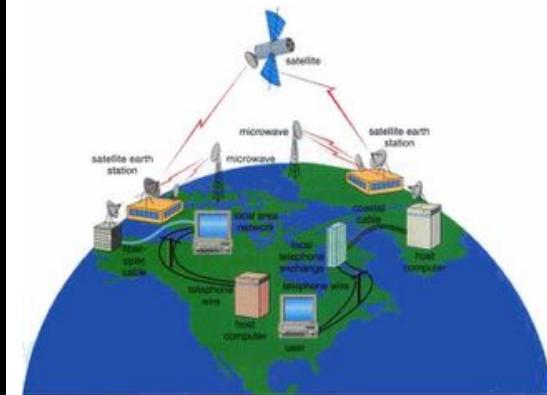
- Com um alcance de dezenas de quilômetros, sendo possível conectar redes de escritórios de uma mesma empresa ou de campus de universidades.



# Cobertura Geográfica (topologia e distância)

## 6. WWAN (*Wireless Wide Area Network*) - Rede de Longa Distância Sem Fio

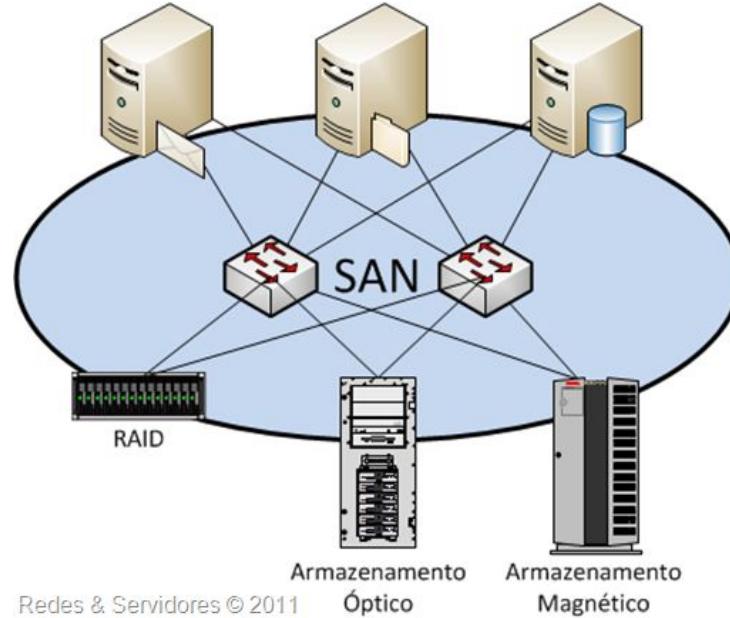
- Alcança diversas partes do mundo. Justamente por isso, a WWAN está mais sujeita a ruídos.



# Cobertura Geográfica (topologia e distância)

## 7. SAN (*Storage Area Network*) - Rede de Área de Armazenamento

- São utilizadas para fazer a comunicação de um servidor e outros computadores, ficando restritas a isso.



# Cobertura Geográfica (topologia e distância)

## 8. PAN (Personal Area Network) – Rede de Área Pessoal

São usadas para que dispositivos se comuniquem dentro de uma distância bastante limitada, por exemplo, as redes Bluetooth e UWB.



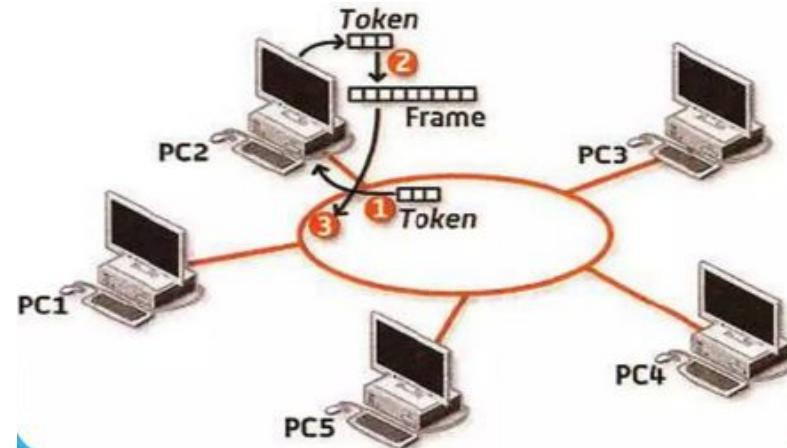
# Critérios para dimensionamento

- Meio físico de comunicação
- Cobertura geográfica (topologia e distância)
- **Método de acesso**
- Desempenho (Velocidade x Throughput)
- Confiabilidade (Determinístico x Probabilístico)
- Protocolo de comunicação

# Método de acesso

O conjunto de regras que definem como os computadores colocam e retiram dados do cabo da rede, além de ajudar a regular o fluxo do tráfego no meio.

- Acesso múltiplo sensível a portadora com detecção ou que evita colisão (CSMA/CD e CSMA/CA);
- Passagem de token;
- Prioridade de demanda.



# Critérios para dimensionamento

- Meio físico de comunicação
- Cobertura geográfica (topologia e distância)
- Método de acesso
- **Desempenho (Velocidade x Throughput)**
- Confiabilidade (Determinístico x Probabilístico)
- Protocolo de comunicação

# Desempenho (Velocidade x Throughput)

- **Bandwidth:** largura de banda - Quantidade teórica máxima de dados por intervalo de tempo;
- **Throughput:** taxa de transferência - Quantidade real de dados por intervalo de tempo.

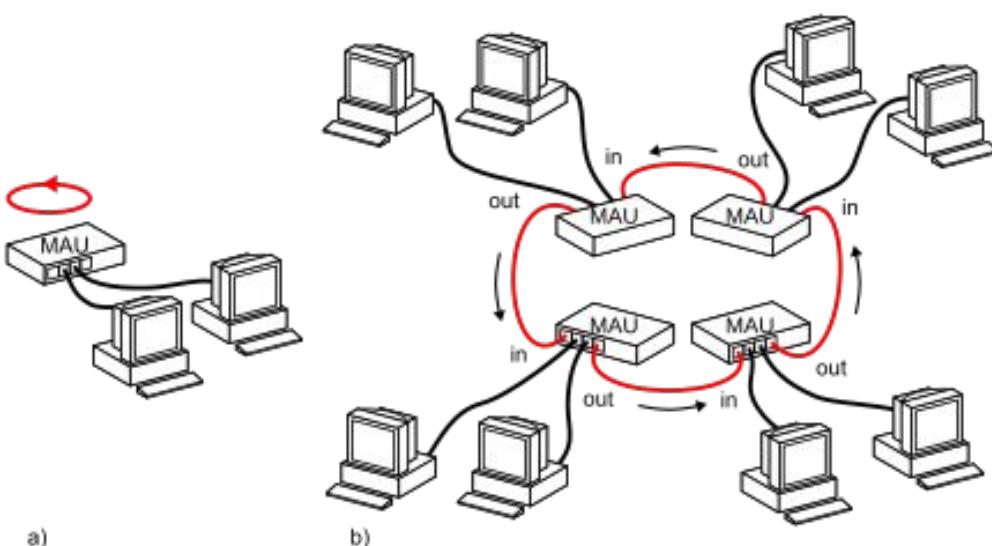


# Critérios para dimensionamento

- Meio físico de comunicação
- Cobertura geográfica (topologia e distância)
- Método de acesso
- Desempenho (Velocidade x Throughput)
- **Confiabilidade (Determinístico x Probabilístico)**
- Protocolo de comunicação

# Confiabilidade (Determinístico x Probabilístico)

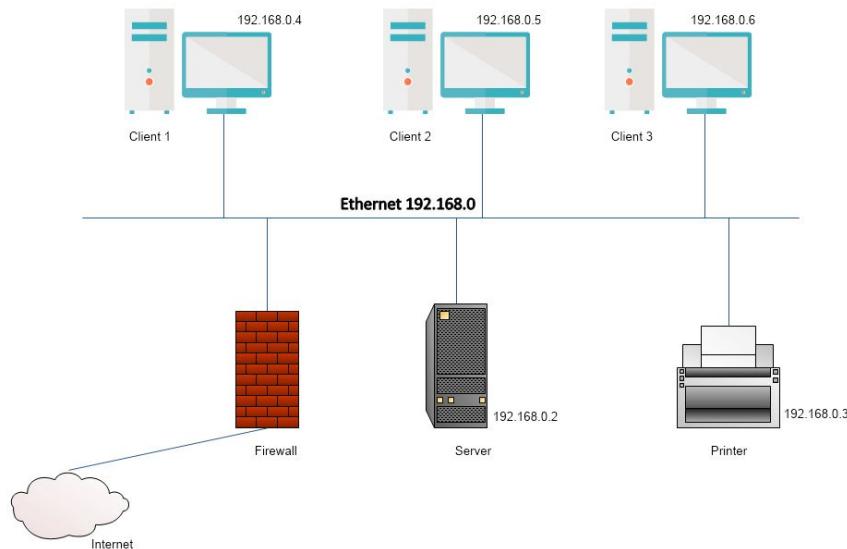
Token Bus



a)

b)

Ethernet

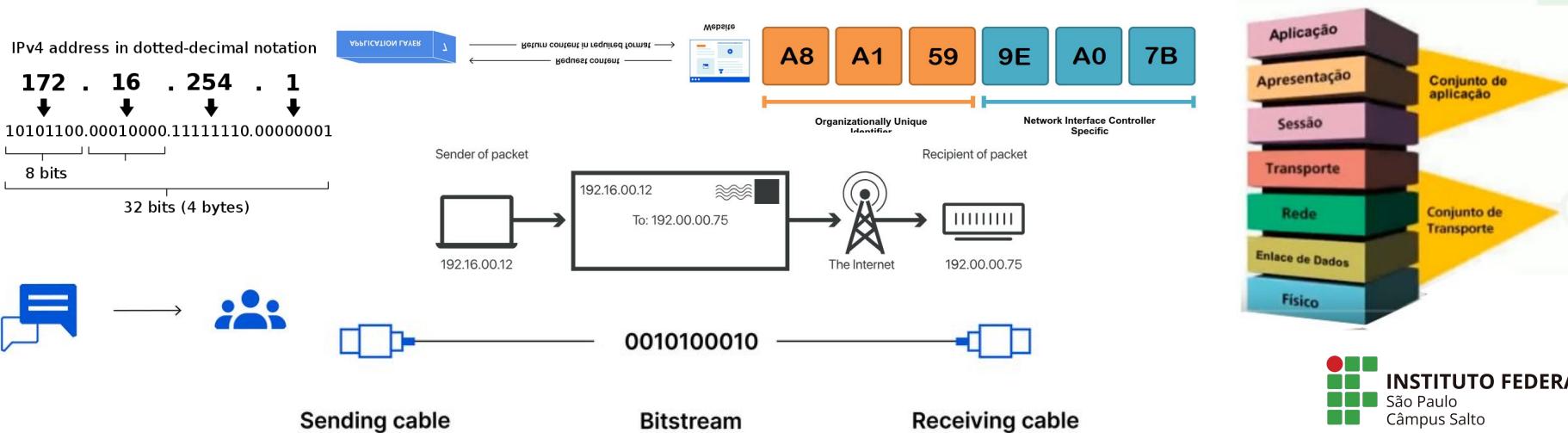


# Critérios para dimensionamento

- Meio físico de comunicação
- Cobertura geográfica (topologia e distância)
- Método de acesso
- Desempenho (Velocidade x Throughput)
- Confiabilidade (Determinístico x Probabilístico)
- **Protocolo de comunicação**

# Protocolo de comunicação

- **Protocolo de comunicação** é o conjunto de regras, procedimentos e leis que governam a troca de informações entre dois ou mais processos.



# Funções de Protocolos de comunicação

- ❑ Endereçamento;
- ❑ Estabelecimento de conexões;
- ❑ Confirmação de recebimento;
- ❑ Pedido de retransmissão;
- ❑ Conversão de código;
- ❑ Numeração e sequência;
- ❑ Controle de fluxo.

# Pirâmide da Automação

**Empresa**



Gerenciamento corporativo - ERP

**Centro de Trabalho**



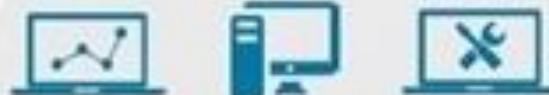
Gerenciamento de planta - MES, PIMS

**Estações**



Supervisão do Processo - IHM, SCADA

**Dispositivos de Controle**



Controle automatizado - CLP, SDCD, CNC, PID

**Dispositivos de Campo**



Sensores e Atuadores

# Protocolos comuns entre camadas da Pirâmide da Automação

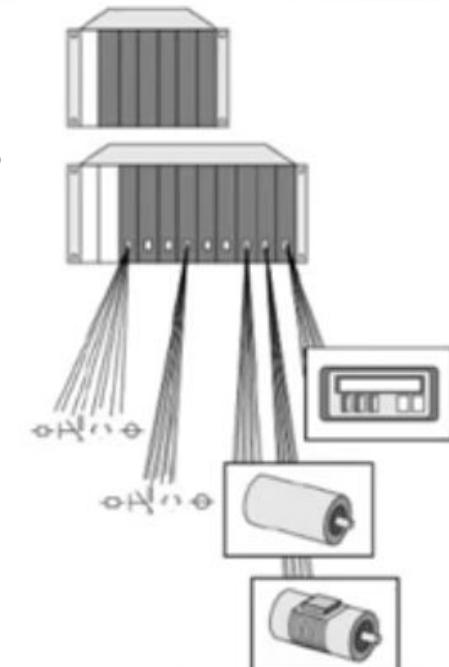


# Níveis da rede industrial



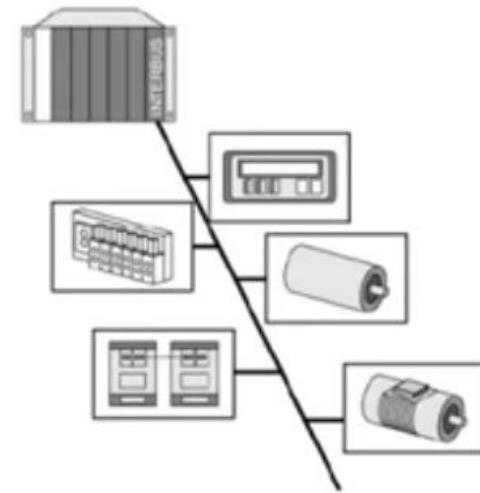
# A evolução das redes industriais

- **1940:** a instrumentação operava com **sinais de 3..15 PSI** para monitorar dispositivos de controle no chão de fábrica;
- **1960:** introdução dos **sinais analógicos de 4..20 mA** para medição e monitoramento de dispositivos;
- déc. **1970:** utilização de **computadores** para monitorar os processos.



# A evolução das redes industriais

- **1980:** desenvolvimento dos primeiros **sensores inteligentes**, bem como **controles digitais**;
- Nasce a ideia de uma **rede para unir todos os dispositivos** e disponibilizar todos os sinais do processo em um mesmo meio físico;
- Necessidade clara de uma rede *fieldbus*
  - Necessidade de um padrão que torne compatível com o controle de instrumentos inteligentes.



# Tipos de transmissão

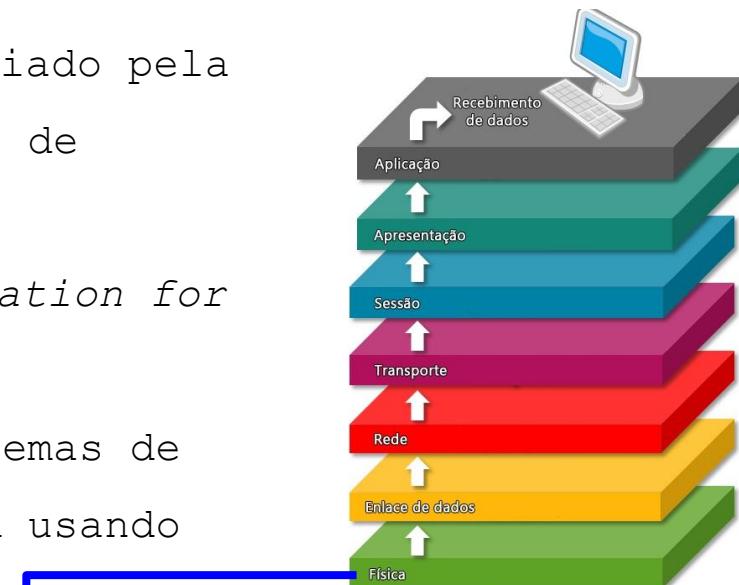
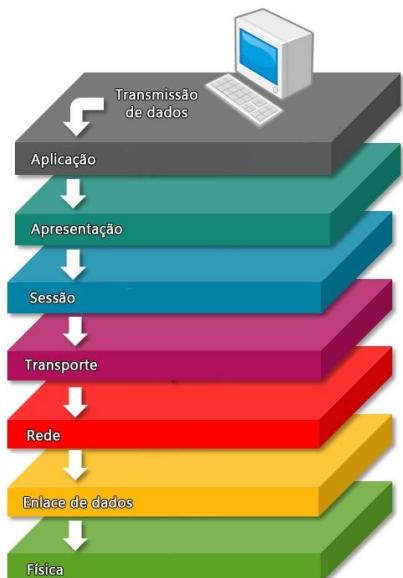
- Pneumática (3-15 PSI)
- Eletrônica (4-20 mA, 1-5VCC)
- Digital (RS-485 protocolo modbus, RS-232 protocolo HART, RS-422 “Foundation™ Fieldbus”;
- Hidráulica;
- Eletromagnética (sem fio);
- Óptica (fibra-óptica).

# A finalidade dos protocolos no meio industrial

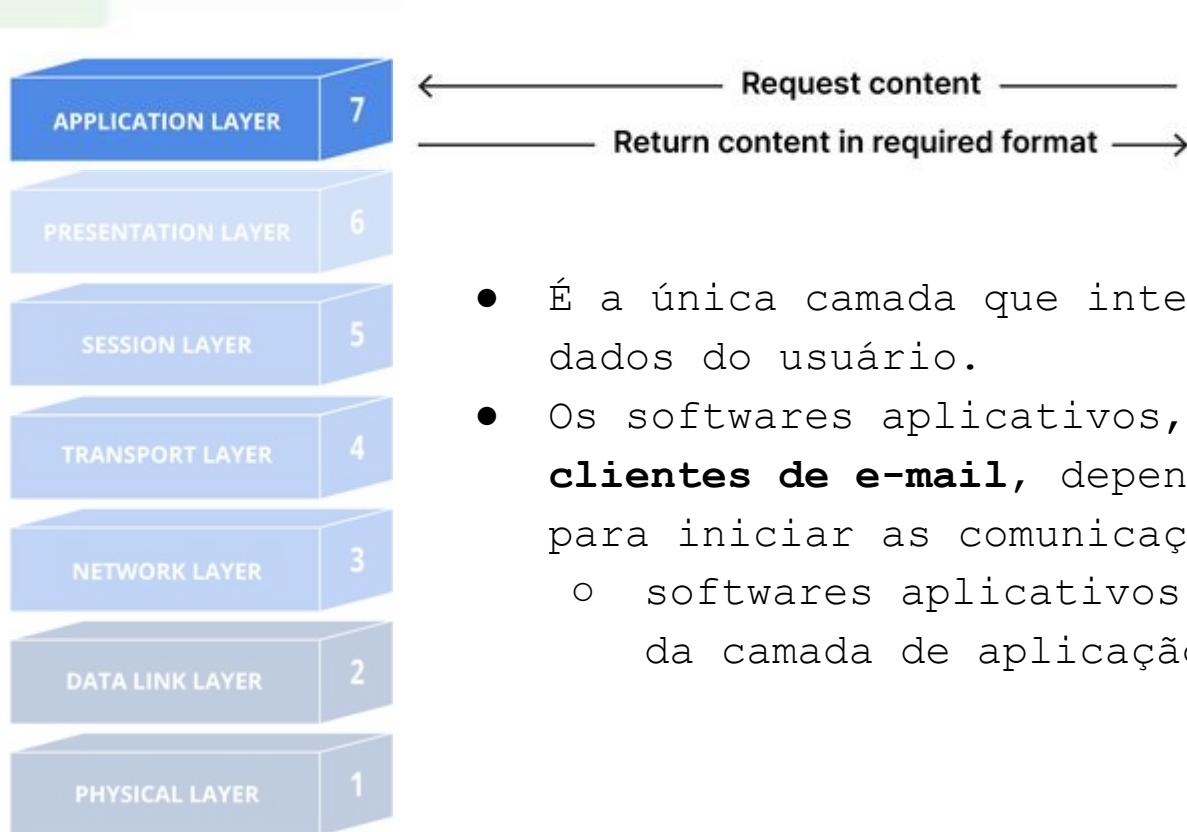
- Aperfeiçoar o controle dos instrumentos de campo;
- Aumentar a capacidade do tráfego de informações;
- Prover mensagens de diagnóstico;
- Configurar componentes de forma remota.

# Protocolos de comunicação: Modelo OSI

- **Interconexão de sistemas abertos**
  - *Open System Interconnection - OSI*
- É um **modelo conceitual** criado pela Organização Internacional de Normalização
  - *International Organization for Standardization - ISO*
- Permite que diversos sistemas de comunicação se comuniquem usando protocolos padronizados.

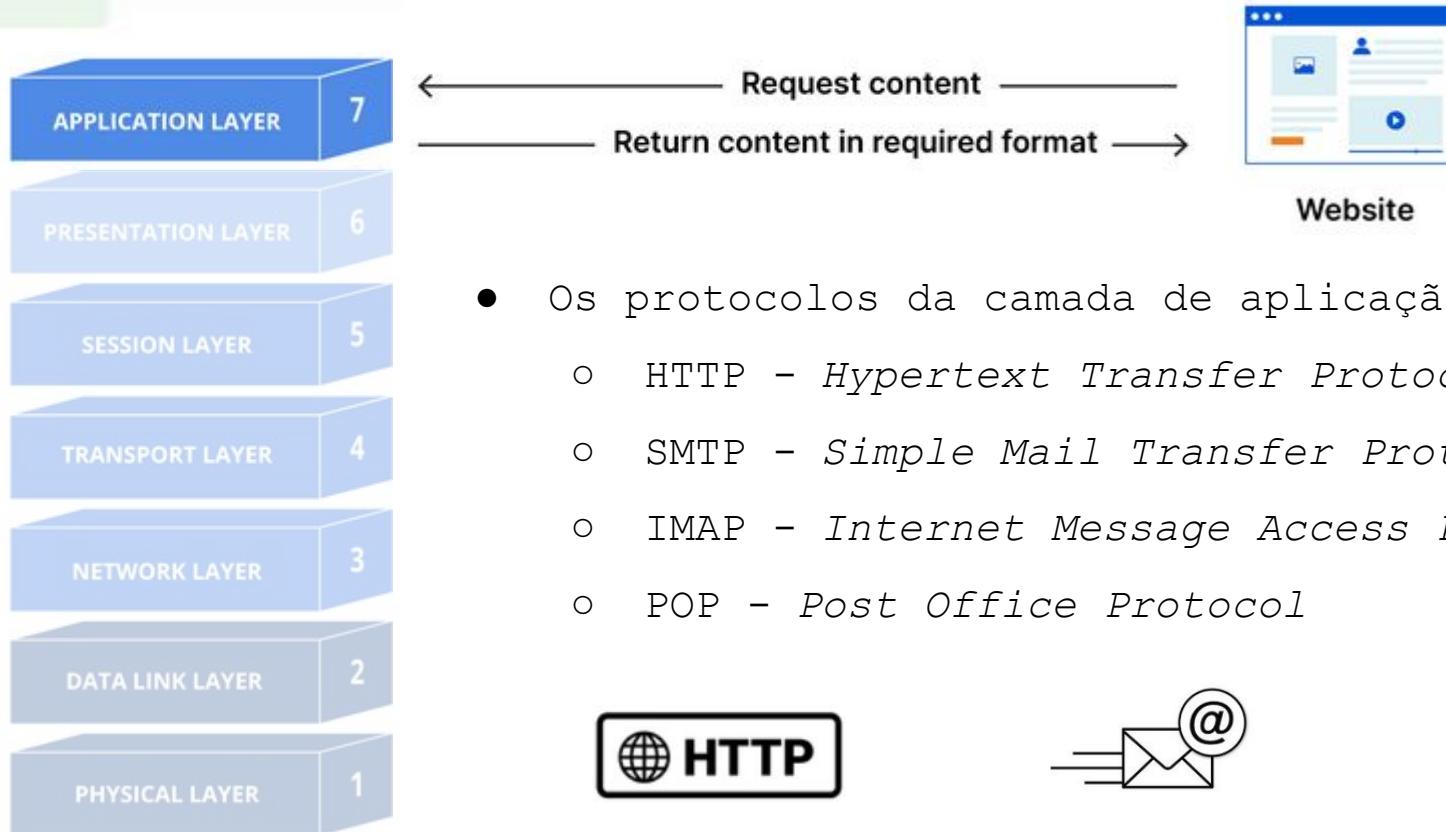


# Camada 7 - Aplicação

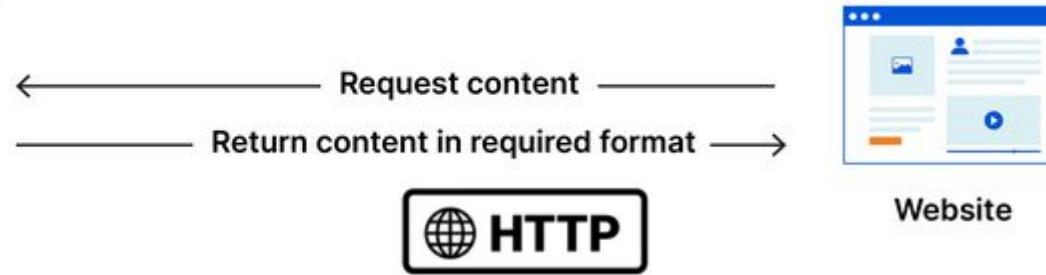


- É a única camada que interage diretamente com os dados do usuário.
- Os softwares aplicativos, como **navegadores web e clientes de e-mail**, dependem da camada de aplicação para iniciar as comunicações.
  - softwares aplicativos clientes não fazem parte da camada de aplicação.

# Camada 7 - Aplicação



# Camada 7 - Aplicação

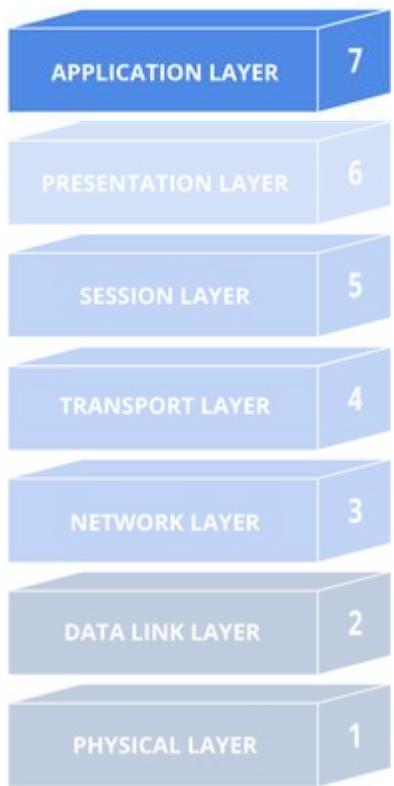


## ▼ Request Headers

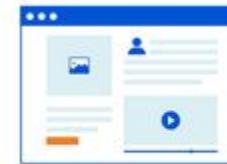
```
:authority: www.google.com
:method: GET
:path: /
:scheme: https
accept: text/html
accept-encoding: gzip, deflate, br
accept-language: en-US,en;q=0.9
upgrade-insecure-requests: 1
user-agent: Mozilla/5.0
```

POST  
GET  
PUT  
DELETE

# Camada 7 - Aplicação



Request content ← → Return content in required format



Website

## ▼ Request Headers

:authority: www.google.com  
:method: GET  
:path: /  
:scheme: https  
accept: text/html  
accept-encoding: gzip, deflate, br  
accept-language: en-US,en;q=0.9  
upgrade-insecure-requests: 1  
user-agent: Mozilla/5.0

## ▼ Response Headers

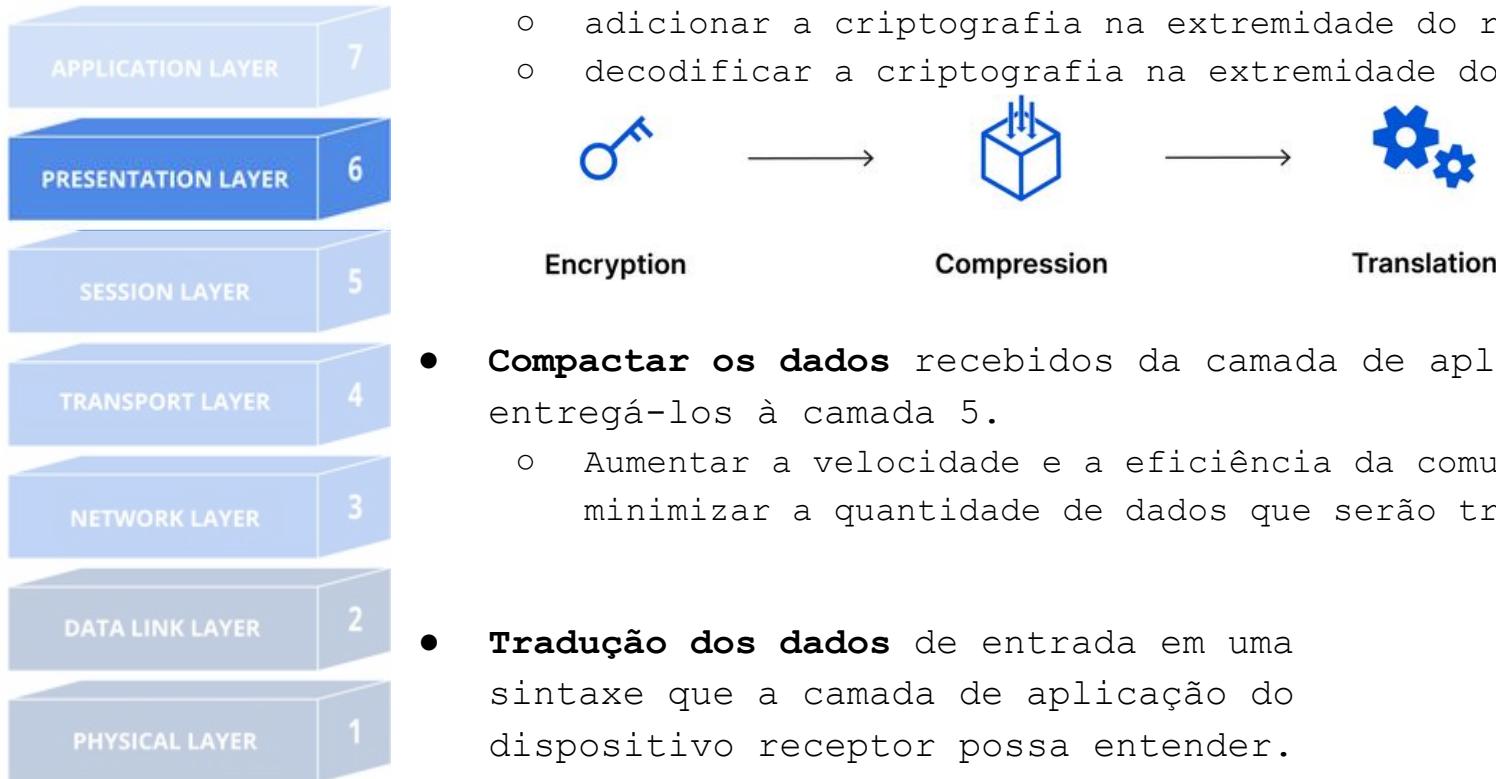
cache-control: private, max-age=0  
content-encoding: br  
content-type: text/html; charset=UTF-8  
date: Thu, 21 Dec 2017 18:25:08 GMT  
status: 200  
strict-transport-security: max-age=86400  
x-frame-options: SAMEORIGIN



- 1xx Informativo
- 2xx Sucesso
- 3xx Redirecionamento
- 4xx Erro no cliente
- 5xx Erro no servidor

# Camada 6 - Apresentação

- Em conexão **criptografada**:
  - adicionar a criptografia na extremidade do remetente
  - decodificar a criptografia na extremidade do destinatário



- **Compactar os dados** recebidos da camada de aplicação antes de entregá-los à camada 5.
  - Aumentar a velocidade e a eficiência da comunicação ao minimizar a quantidade de dados que serão transferidos.
- **Tradução dos dados** de entrada em uma sintaxe que a camada de aplicação do dispositivo receptor possa entender.

# Camada 5 - Sessão



- **Abre e fecha a comunicação** entre os dois dispositivos
  - O **tempo decorrido** é conhecido como "**sessão**"
- Garante que a sessão permaneça aberta pelo **tempo necessário** para transferir todos os dados que estão sendo trocados e, em seguida, fecha imediatamente a sessão para evitar o desperdício de recursos.
- A camada de sessão também **sincroniza a transferência** de dados com pontos de verificação.



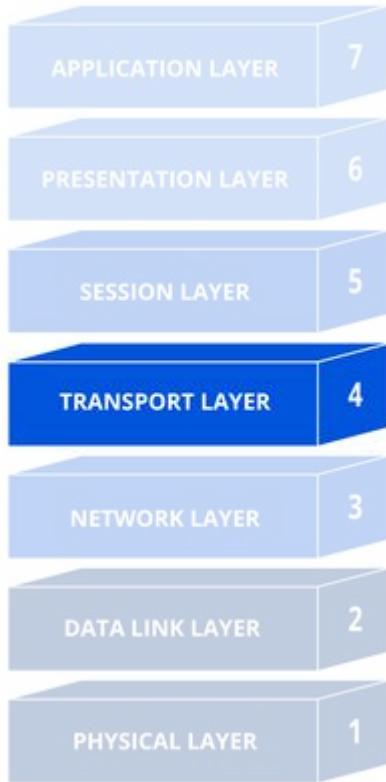
# Camada 4 - Transporte



- Responsável pela comunicação de ponta a ponta entre os dois dispositivos.
  - No transmissor, pega os dados da camada de sessão e divide-os em porções chamadas segmentos antes de enviá-los para a camada 3.
  - No receptor, remonta os segmentos em dados que a camada de sessão possa consumir.



# Camada 4 - Transporte



- Controle de fluxo
  - determina uma velocidade de transmissão ideal para garantir que um remetente com uma conexão rápida não sobrecarregue um receptor com uma conexão lenta.
- Controle de erros
  - No receptor, garante que os dados recebidos estejam completos e solicitando uma retransmissão caso não estejam.



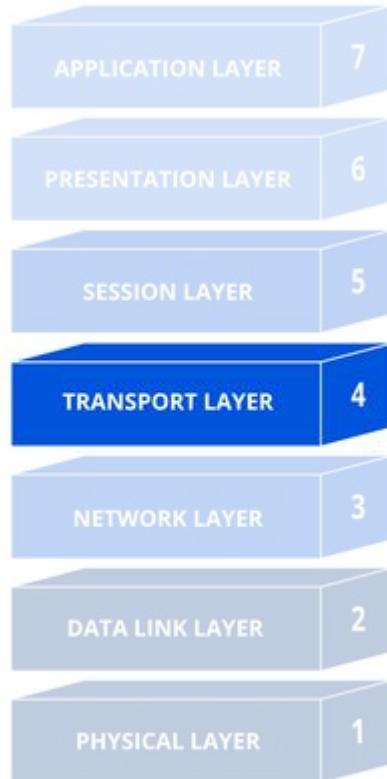
# Camada 4 - Transporte



- Os protocolos da camada de transporte incluem:
  - Transmission Control Protocol (TCP)
  - User Datagram Protocol (UDP)

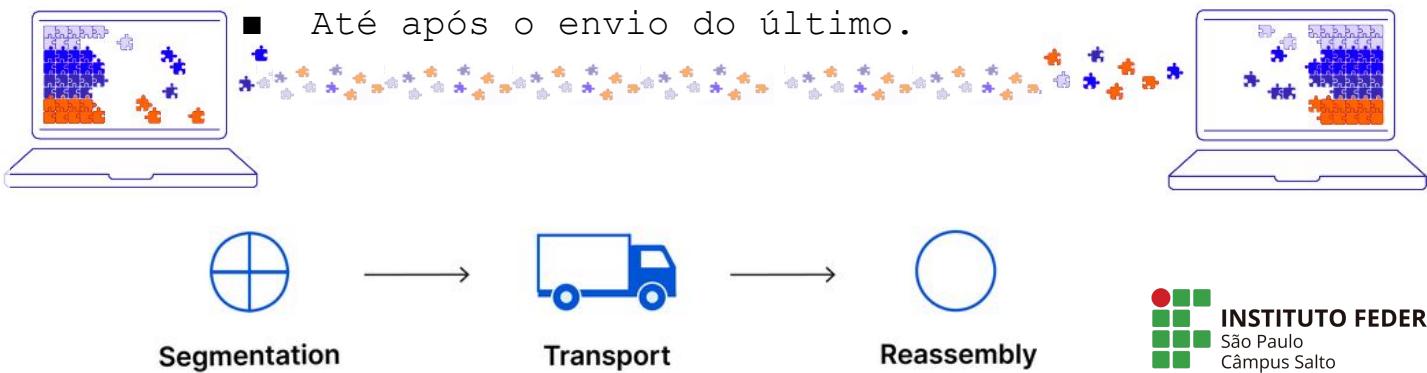


# Camada 4 - Transporte



## ● Protocolo de Controle de Transmissão (TCP)

- Monta a mensagem na ordem certa;
  - Solicita **reenvio** dos pacotes que faltam;
  - Informa ao remetente que a mensagem foi recebido;
- Mantém a conexão com o remetente;
  - desde antes do primeiro pacote
  - Até após o envio do último.



# Camada 4 - Transporte

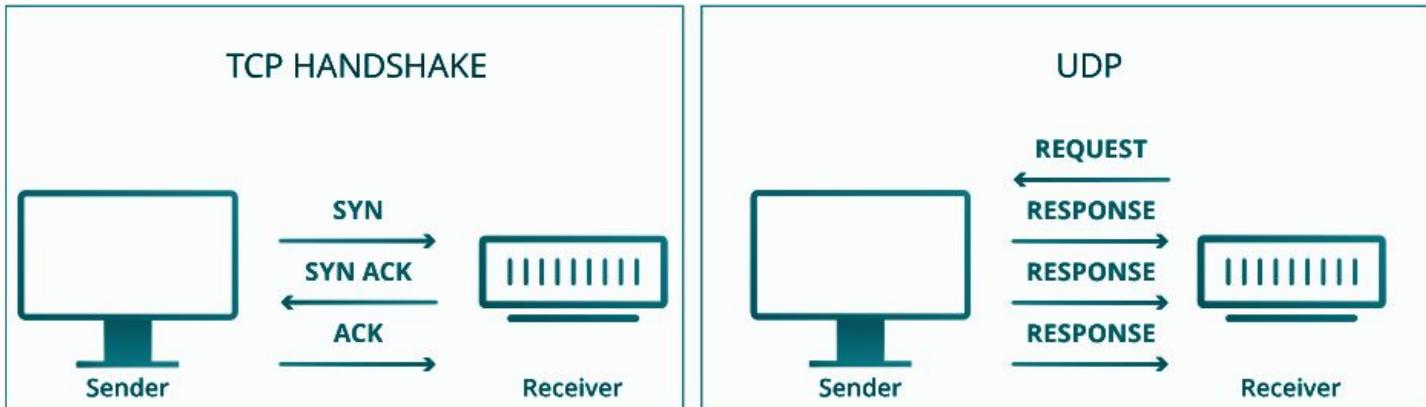


- **User Datagram Protocol (UDP)**
- Os pacotes UDP são denominados "datagramas"
- Transmissões especialmente sensíveis ao tempo
  - reproduções de vídeo
  - pesquisas de DNS.

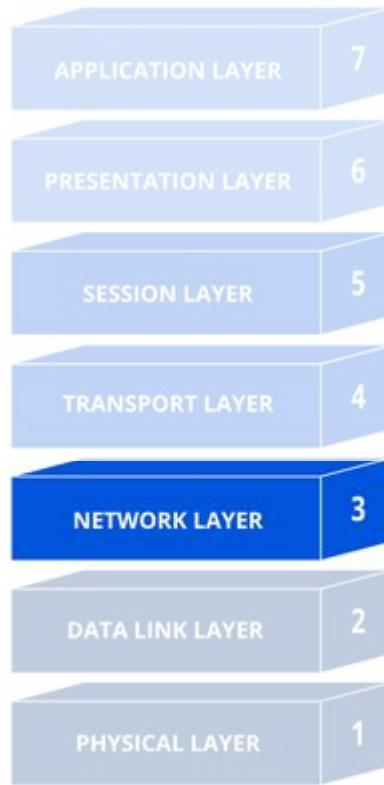
# Camada 4 - Transporte



- **TCP x UDP**



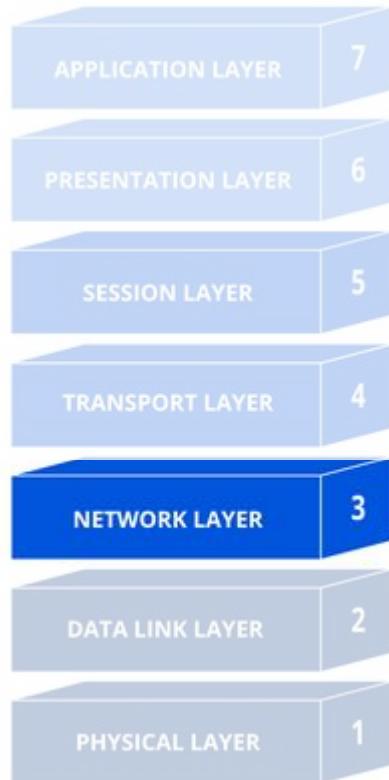
# Camada 3 - Rede



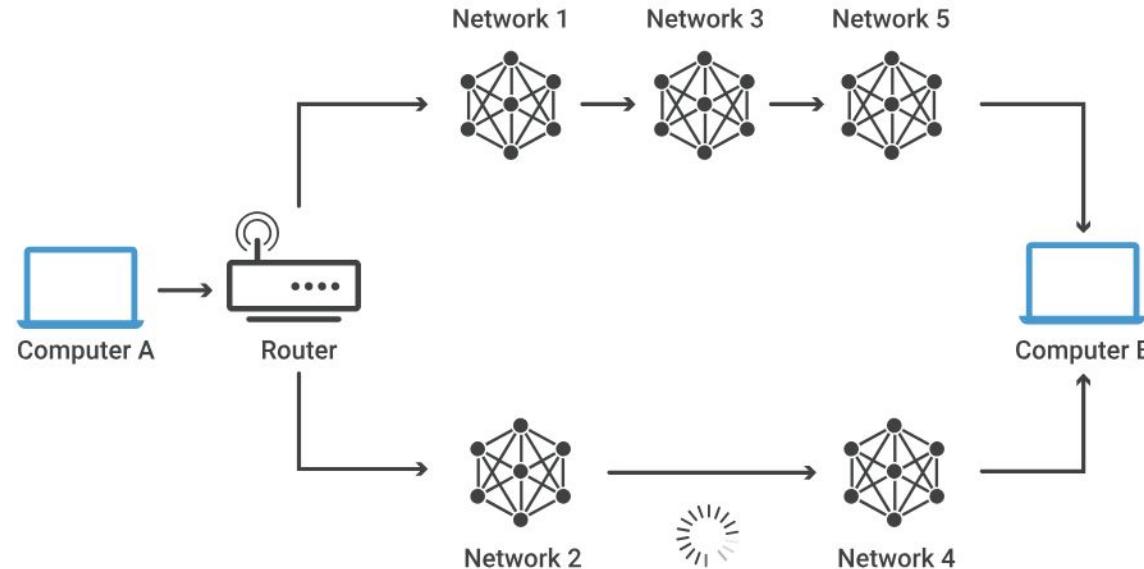
- Facilita a **transferência de dados** entre duas **redes diferentes**.
- Desnecessária se os dispositivos estiverem na mesma rede.
- **Divide os segmentos** da camada de transporte em **unidades menores** denominadas **pacotes** no dispositivo remetente e remonta esses pacotes no dispositivo receptor.



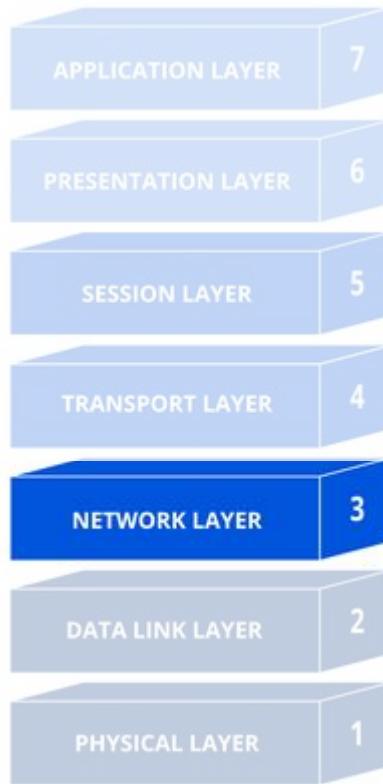
# Camada 3 - Rede



- **Encontra o melhor caminho** físico para que os dados cheguem ao seu destino, **roteamento**.



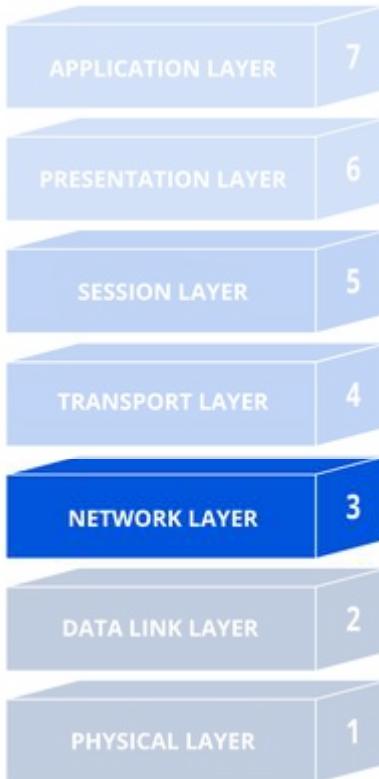
# Camada 3 - Rede



- Os protocolos da camada de rede incluem:
  - IP
  - Internet Control Message Protocol (ICMP)
    - Notifica Erros
    - Diagnóstico de redes (traceroute e ping)
  - Internet Group Message Protocol (IGMP)
    - Multicast
  - IPsec



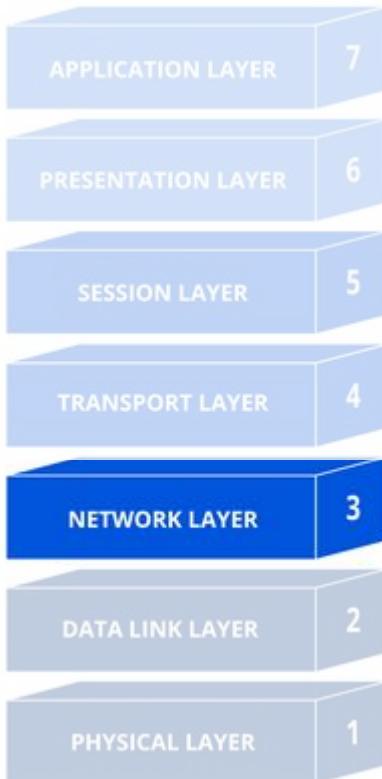
# Camada 3 - Rede



- **Internet Protocol (IP)**

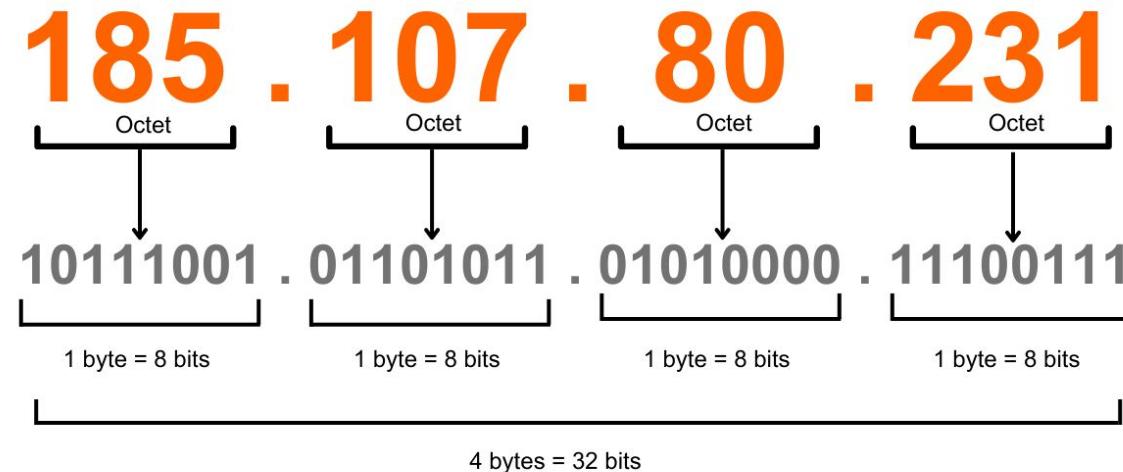
- Sistema de **endereços da internet**
- **Principal maneira de conectar redes**
- Conecta origem e destino.
- Não processa a ordem dos pacotes nem verifica erros
- A principal versão - IPv4
- O mais recente é o IPv6 que disponibiliza mais endereços.

# Camada 3 - Rede

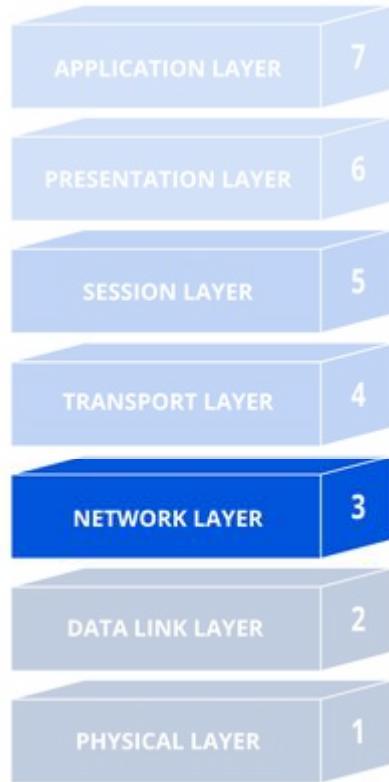


- Internet Protocol (IP)

## IPv4 Address Format

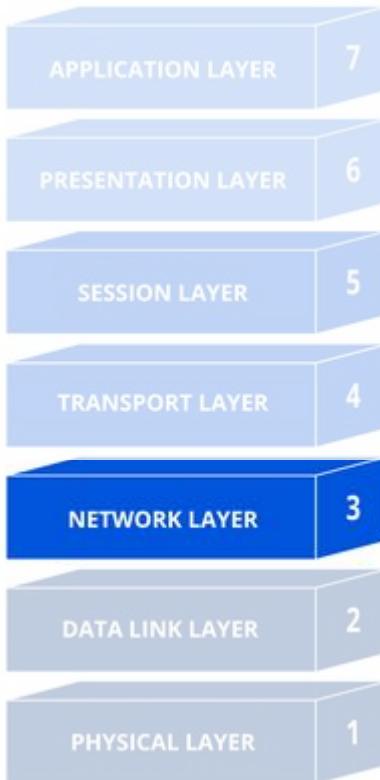


## Camada 3 - Rede



Private address range		
Class	start address	finish address
A	10.0.0.0	10.255.255.255
B	172.16.0.0	172.31.255.255
C	192.168.0.0	192.168.255.255

Public address range		
Class	start address	finish address
A	0.0.0.0	126.255.255.255
B	128.0.0.0	191.255.255.255
C	192.0.0.0	223.255.255.255
D	224.0.0.0	239.255.255.255
E	240.0.0.0	254.255.255.255



- Internet Protocol (IP)

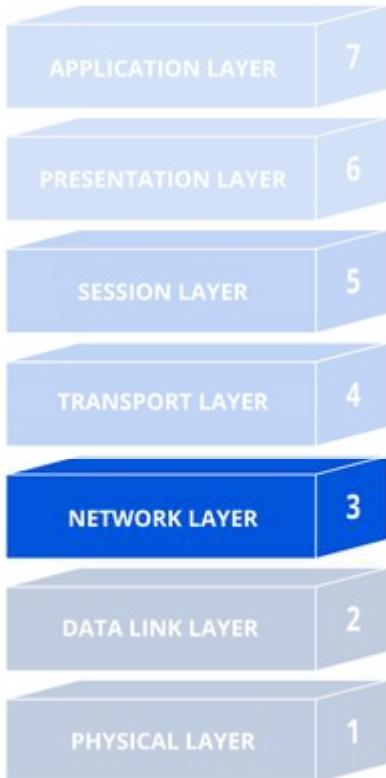
# IPv6 address

2001 : 0DC8 : E004 : 0001 : 0000 : 0000 : 0000 : F00A

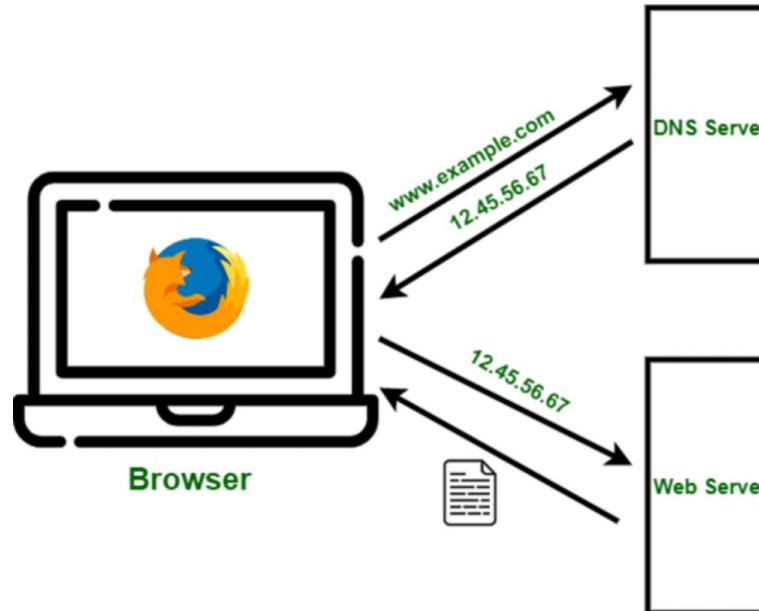
16 bits : 16 bits

128 Bits

# Camada 3 - Rede



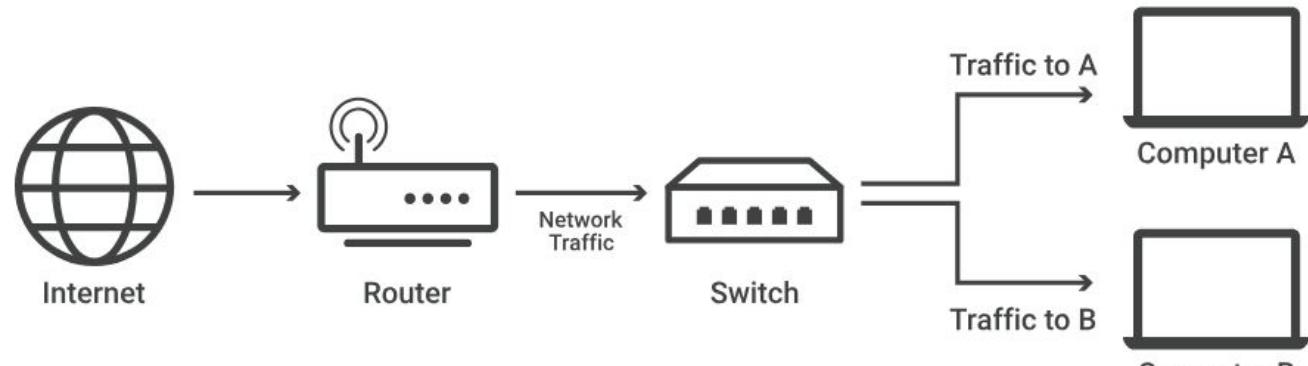
- **Internet Protocol (IP)**
  - **Domain Name Service (DNS)**



## Camada 2 - Enlace



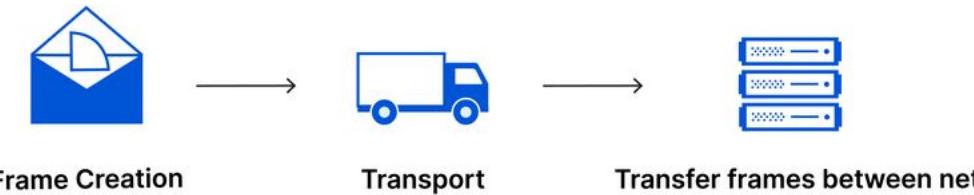
- A camada de enlace de dados é muito semelhante à camada de rede.
- **Facilita a transferência** de dados entre dois dispositivos na **mesma rede**.



## Camada 2 - Enlace



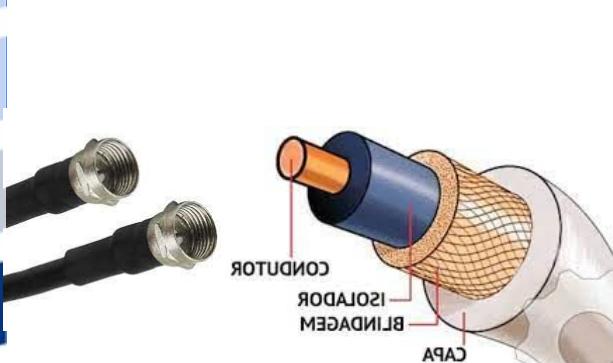
- **Pega os pacotes** da camada de rede e os **divide** em pedaços menores denominados "**quadros**".
- Também é responsável pelo **controle de fluxo** e pelo **controle de erros** na comunicação **intra rede**.
  - a camada de transporte: inter rede.



# Camada 1 - Física



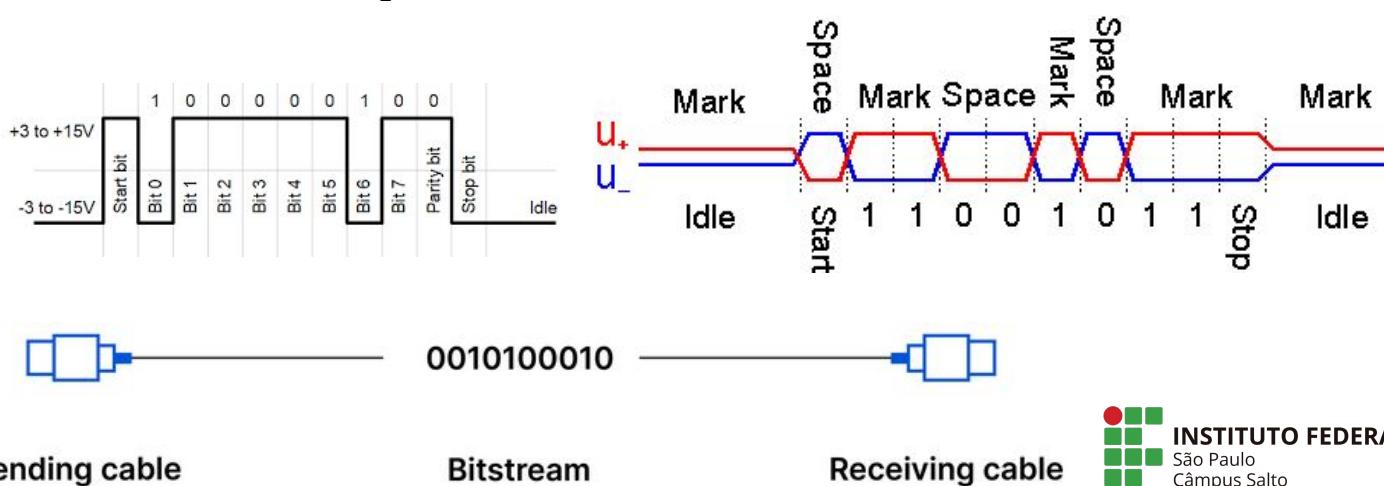
- Equipamento físico como **cabos e comutadores**.
- Os dados são convertidos em um **fluxo de bits**.



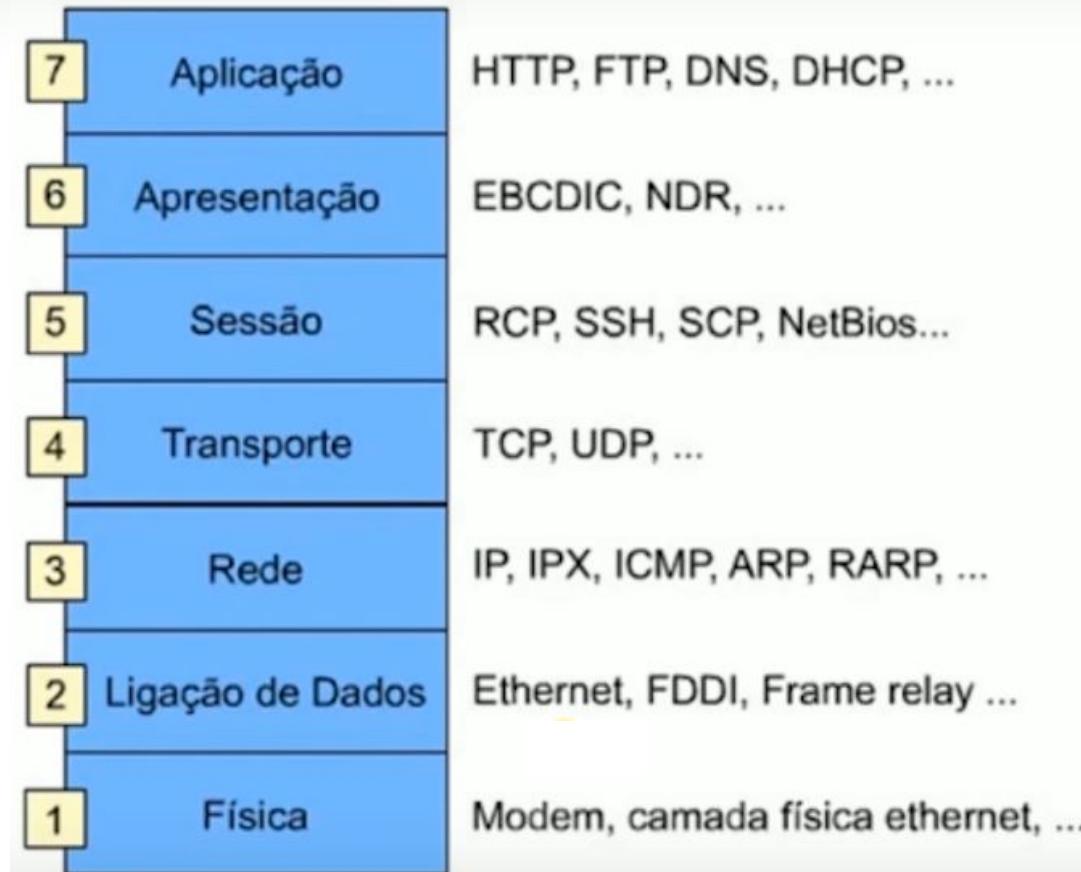
# Camada 1 - Física



- A camada física de ambos os dispositivos também precisa aceitar, de comum acordo, uma **convenção de sinais** para que se possa distinguir os 1s dos 0s em ambos os dispositivos.



# Protocolos na Hierarquia do Modelo OSI



# Modelo OSI x Referência TCP/IP

1 Aplicação

2 Apresentação

3 Sessão

4 Transporte

5 Rede

6 Enlace

7 Física

Modelo de Referência OSI

4 Aplicação

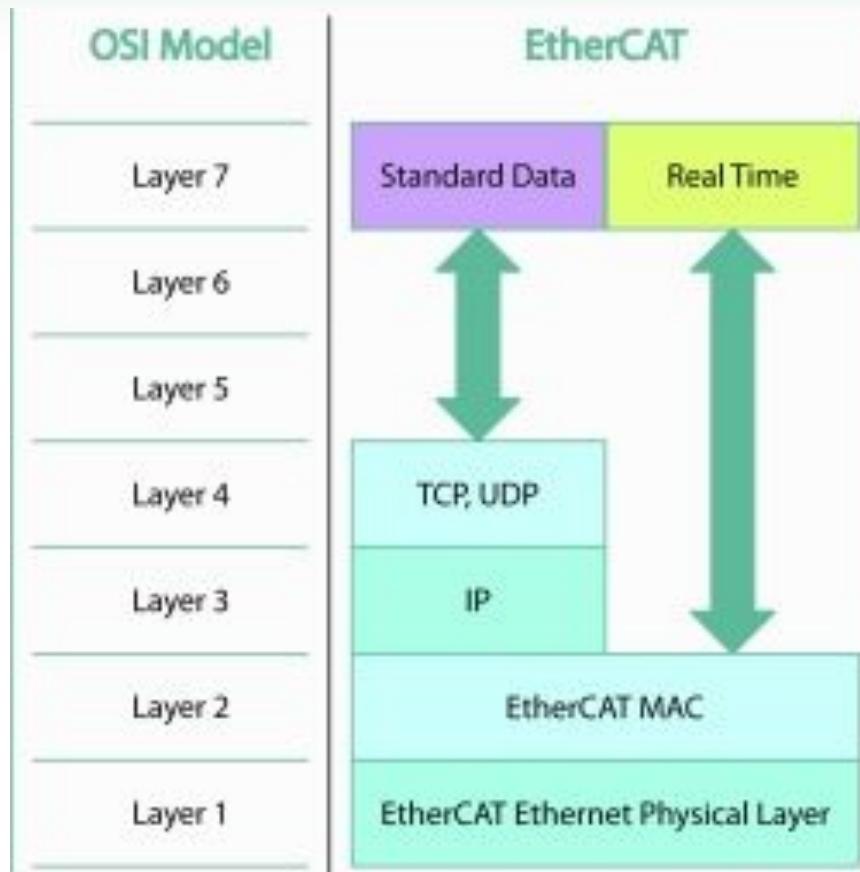
3 Transporte

2 Internet

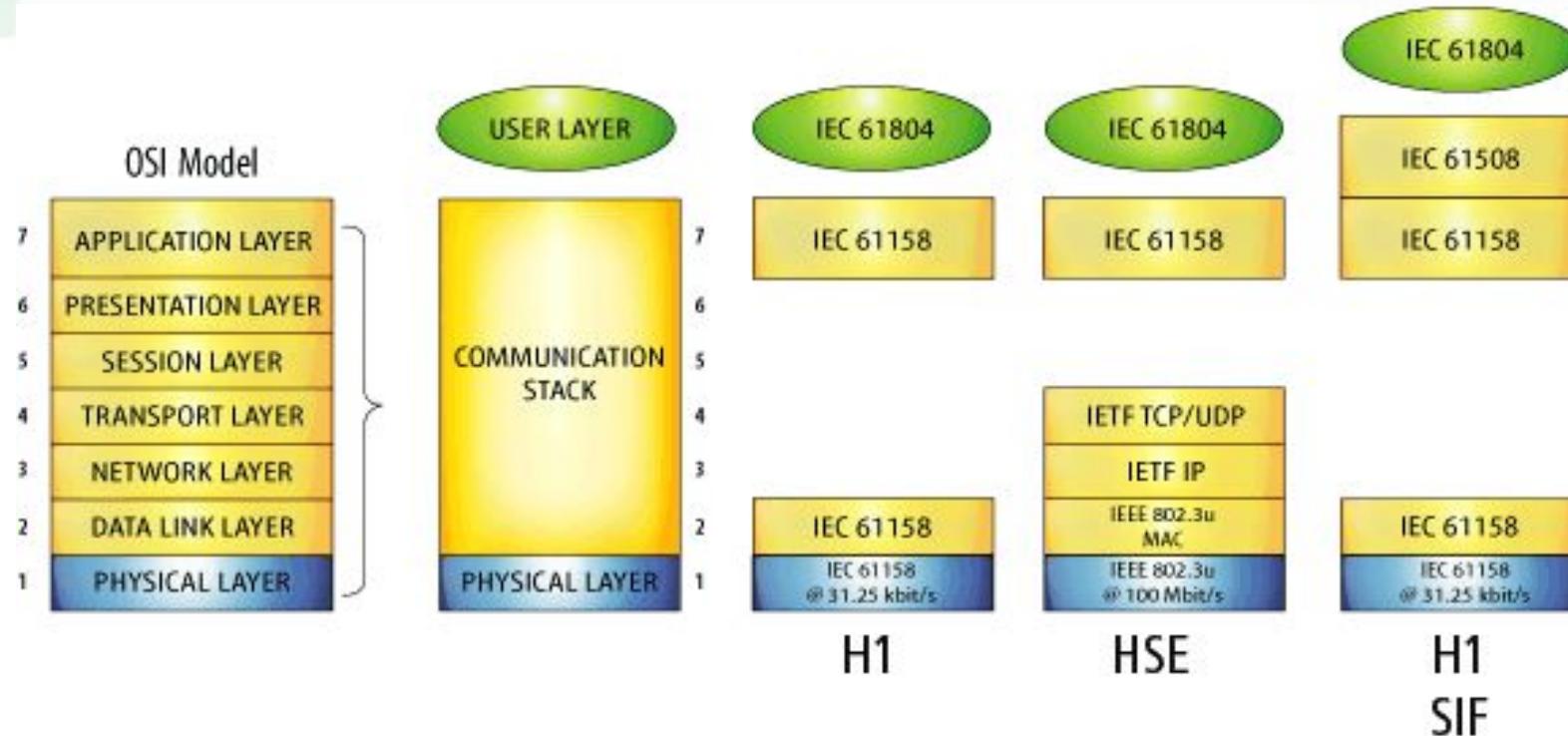
1 Host/Rede

Modelo de Referência TCP/IP

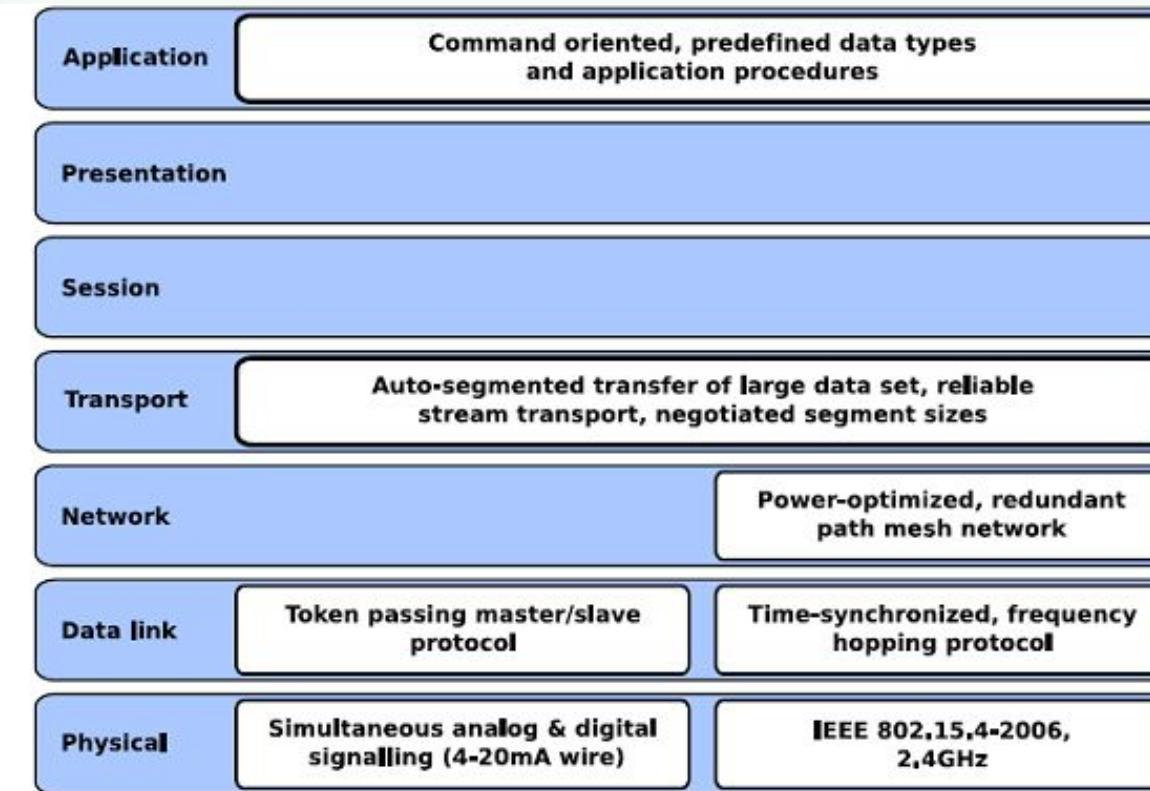
# Modelo OSI x EtherCAT



# Modelo OSI x Fieldbus



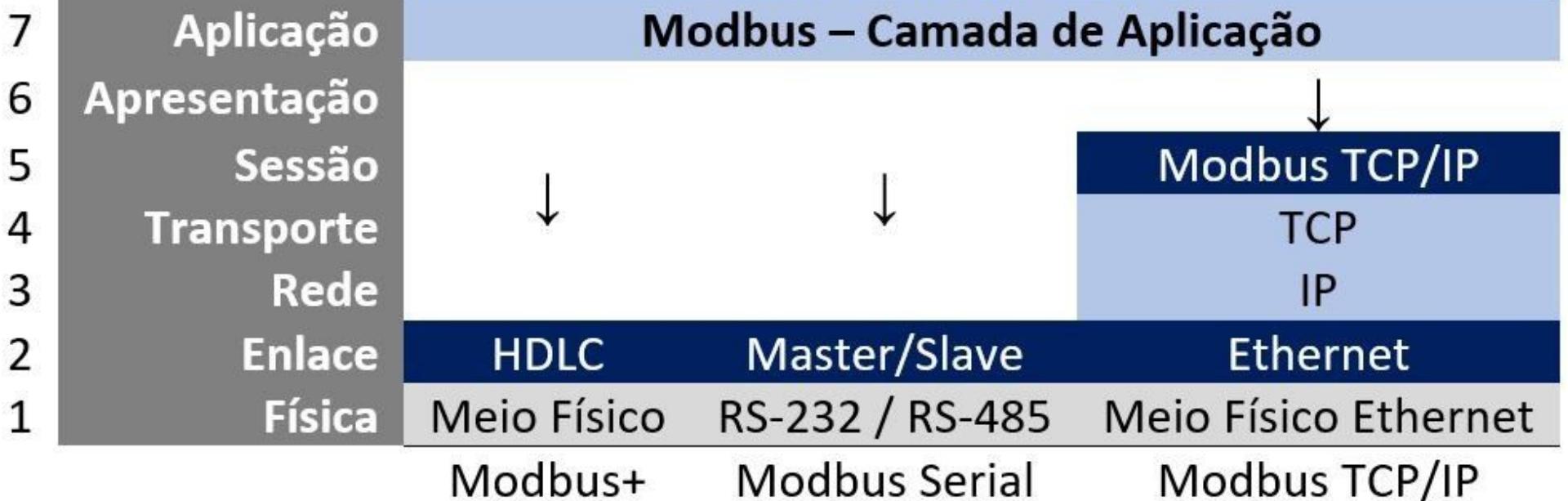
# Modelo OSI x HART



HART

WirelessHART

# Modelo OSI x MODBUS



# RS232 - RS485

## EIA232 - EIA485

# RS232 - EIA232

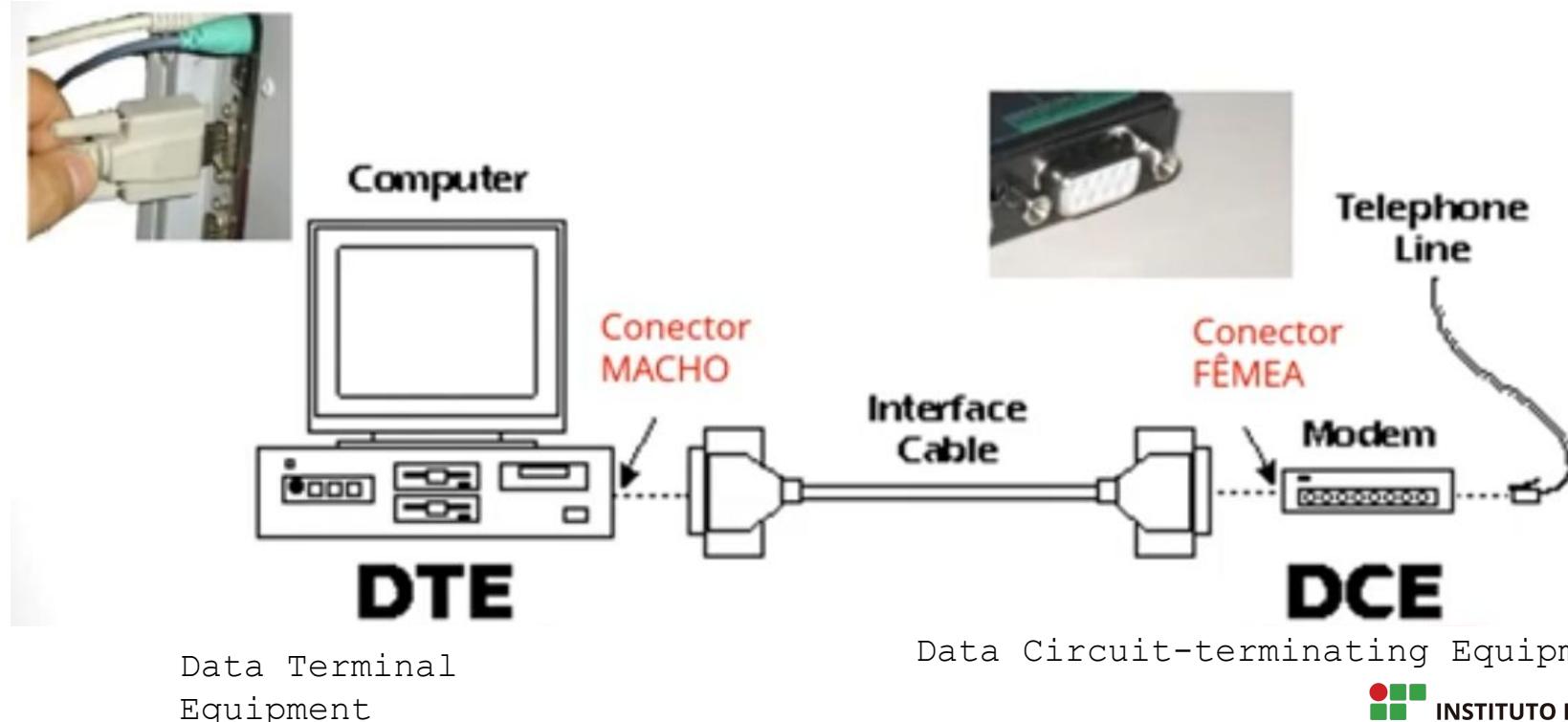
- Criado em 1969
- Padrão para comunicação entre dois dispositivos
  - Baseado na UART
    - Universal asynchronous receiver-transmitter
  - Ponto a ponto
- Conector DB9 ou DB25
- Encontrados em:
  - PCs
  - Equipamentos industriais
  - Projetores
  - Instrumentos de medição



## RS232 - EIA232

- O Padrão define:
  - Características elétricas
  - Características mecânicas
  - Descrição funcional dos circuitos
- Taxa máxima de 115200bps
  - Recomendado menos de 20000 bps
- Distância máxima recomendada
  - 15 metros

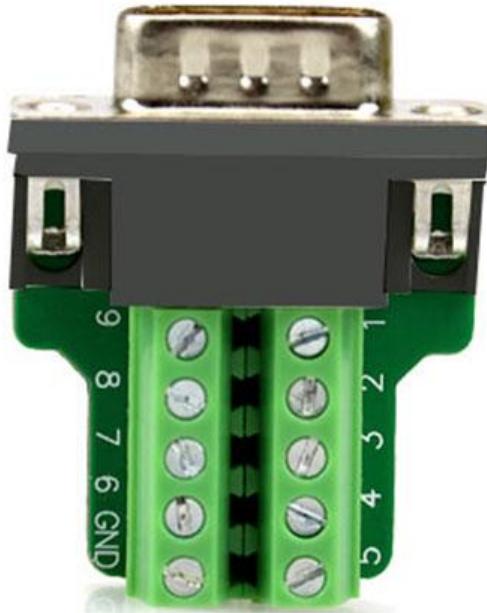
# Dispositivos



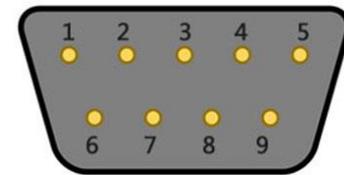
## Pinagem do conector



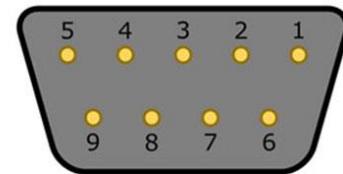
# Pinagem do conector



Pin	Logogram	Explanation
Pin 1	CD	Carrier Detect
Pin 2	RXD	Receive
Pin 3	TXD	Transmit
Pin 4	DTR	Data Terminal Ready
Pin 5	GND	Ground
Pin 6	DSR	Data Set Ready
Pin 7	RTS	Request To Send
Pin 8	CTS	Clear to Send
Pin 9	RI	Ring Indicator



DB9 Male Plug Front



DB9 Female Socket Front

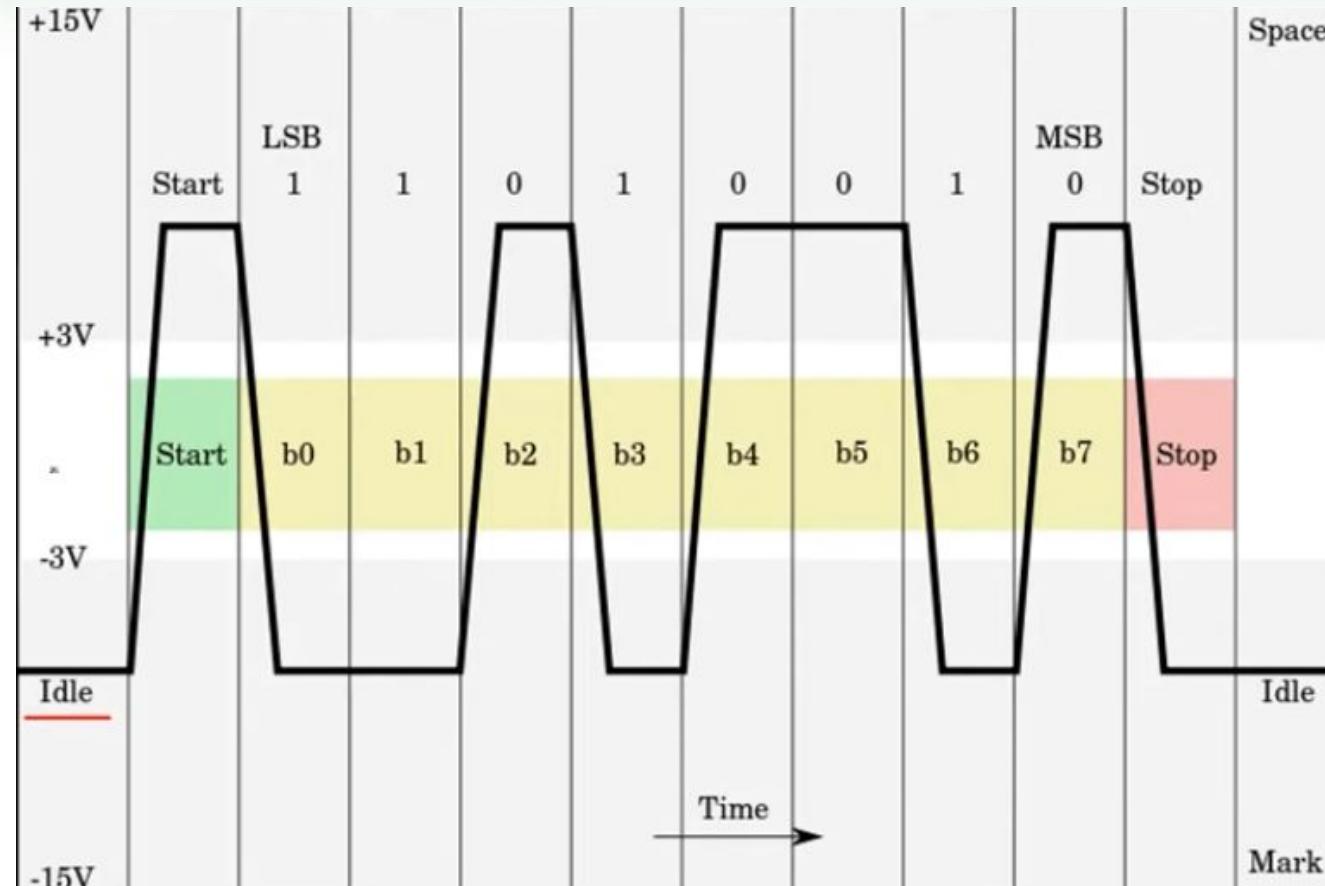
## Pinagem do conector

Função	Sigla	Uso
Portadora detectada, (Data Carrier Detect)	DCD	Controle
Recepção de dados, (Receive Data)	RX, RD	Dados
Transmissão de dados, (Transmitted Data)	TX, TD	Dados
Terminal de dados pronto, (Data Terminal Ready)	DTR	Controle
Terra, (Signal Ground)	GND	Comum
Conjunto de dados pronto, (Data Set Ready)	DSR	Controle
Pronto para enviar(computador), (Request To Send)	RTS	Controle
Envie os dados (modem), (Clear To Send)	CTS	Controle
Sinal de portadora	Ring	Controle

# Características elétricas

- Nível lógico '0'
  - Space
  - Tensão positiva
    - Tensão no transmissor: +5 a +25 V
    - Tensão no receptor: +3 a +25 V
- Nível lógico '1'
  - Mark
  - Tensão negativa
    - Tensão no transmissor: -5 a -25 V
    - Tensão no receptor: -3 a -25 V

# Características elétricas

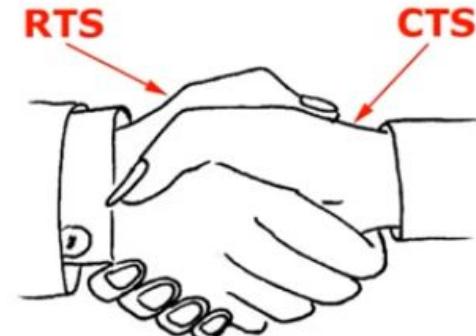


## Distâncias típicas - Empíricas

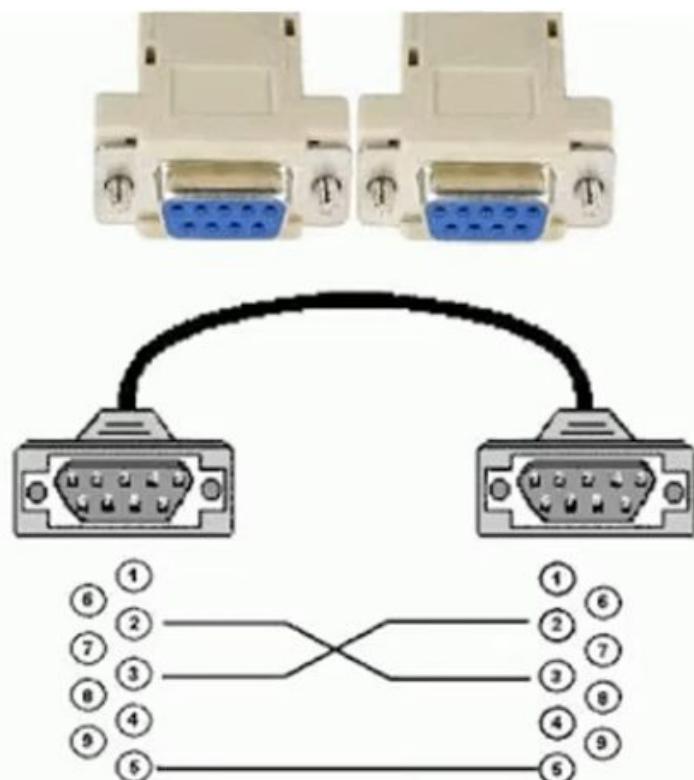
Baudrate	Distância (m)
1200	500
2400	200
4800	100
9600	70
19200	50
115200	20

# Controle de fluxo por hardware

- Inicialização
  - DTR - Data Terminal Ready
    - O DTE indica que está pronto
  - DSR - Data Set Ready
    - O DCE indica que está pronto
- Handshake
  - RTS - Request to Send
    - DTE ou DCE sinalizam que querem enviar dados
  - CTS - Clear to Send
    - DTE ou DCE indica que pode receber dados
    - Evita receber dados sem poder processar
  - Ring - Antigos modems



## Cabo DTE - DTE sem controle de fluxo



- Null modem cable
- Usa Rx, Tx e GND

Cabo DTE - DCE com controle de fluxo



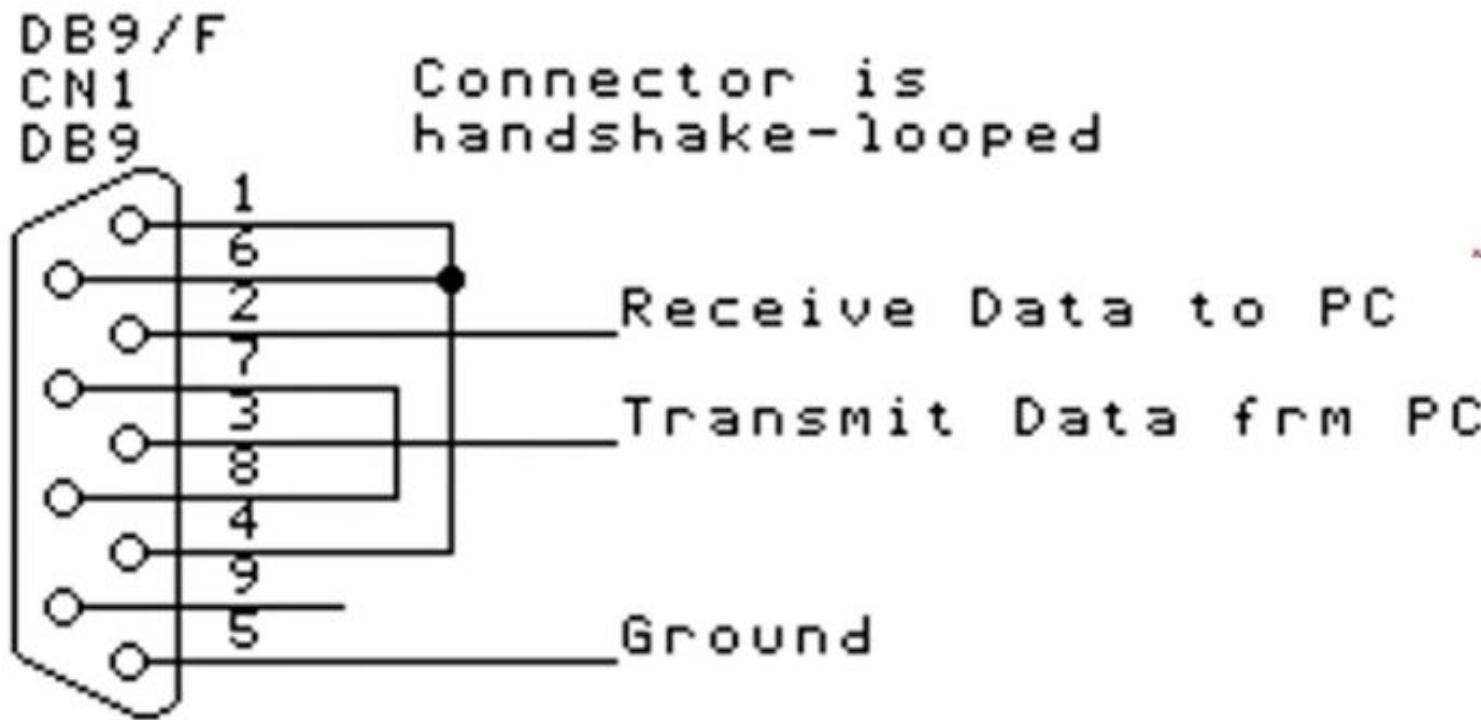
**DB-9S**

1	DCD
2	TXD
3	RXD
4	DSR
5	GND
6	DTR
7	CTS
8	RTS
9	

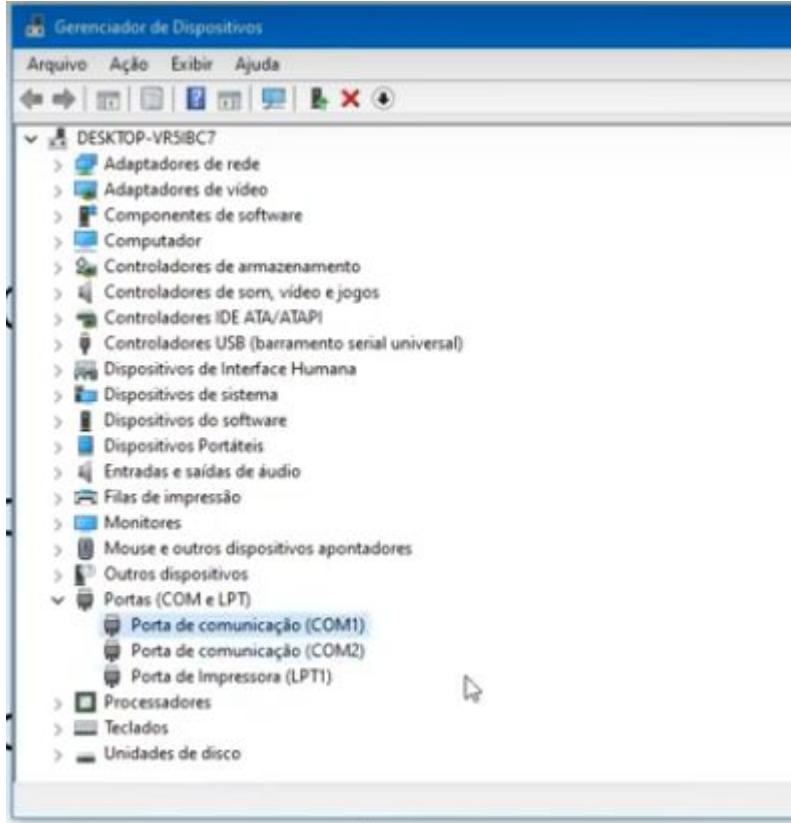
**DB-9P**

1	DCD
2	RXD
3	TXD
4	DTR
5	GND
6	DSR
7	RTS
8	CTS
9	

## Looping de Handshake

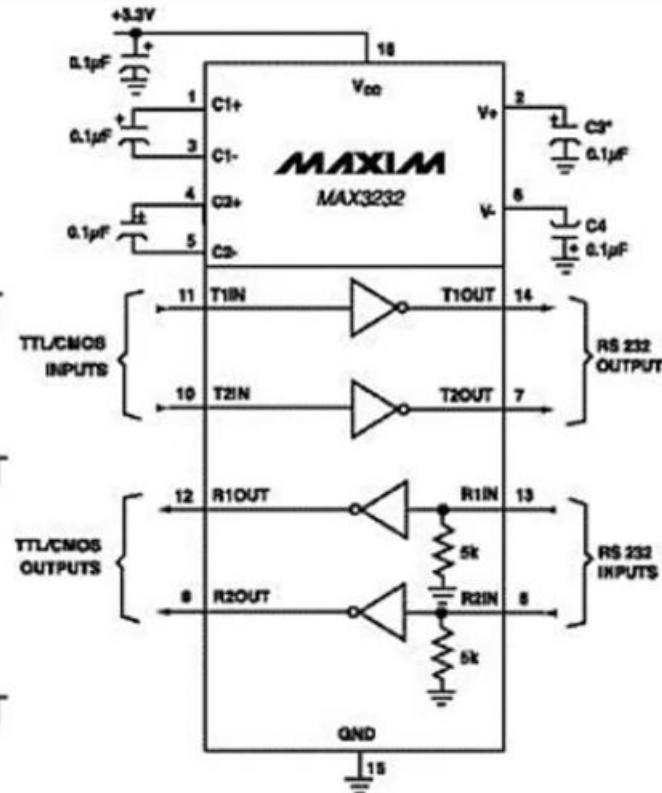
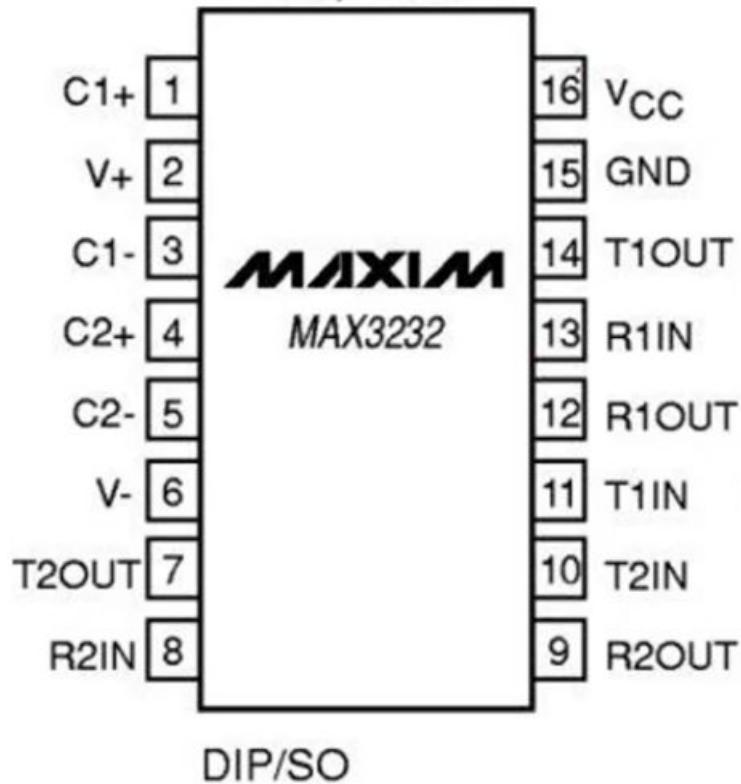


# Conversor USB-RS232



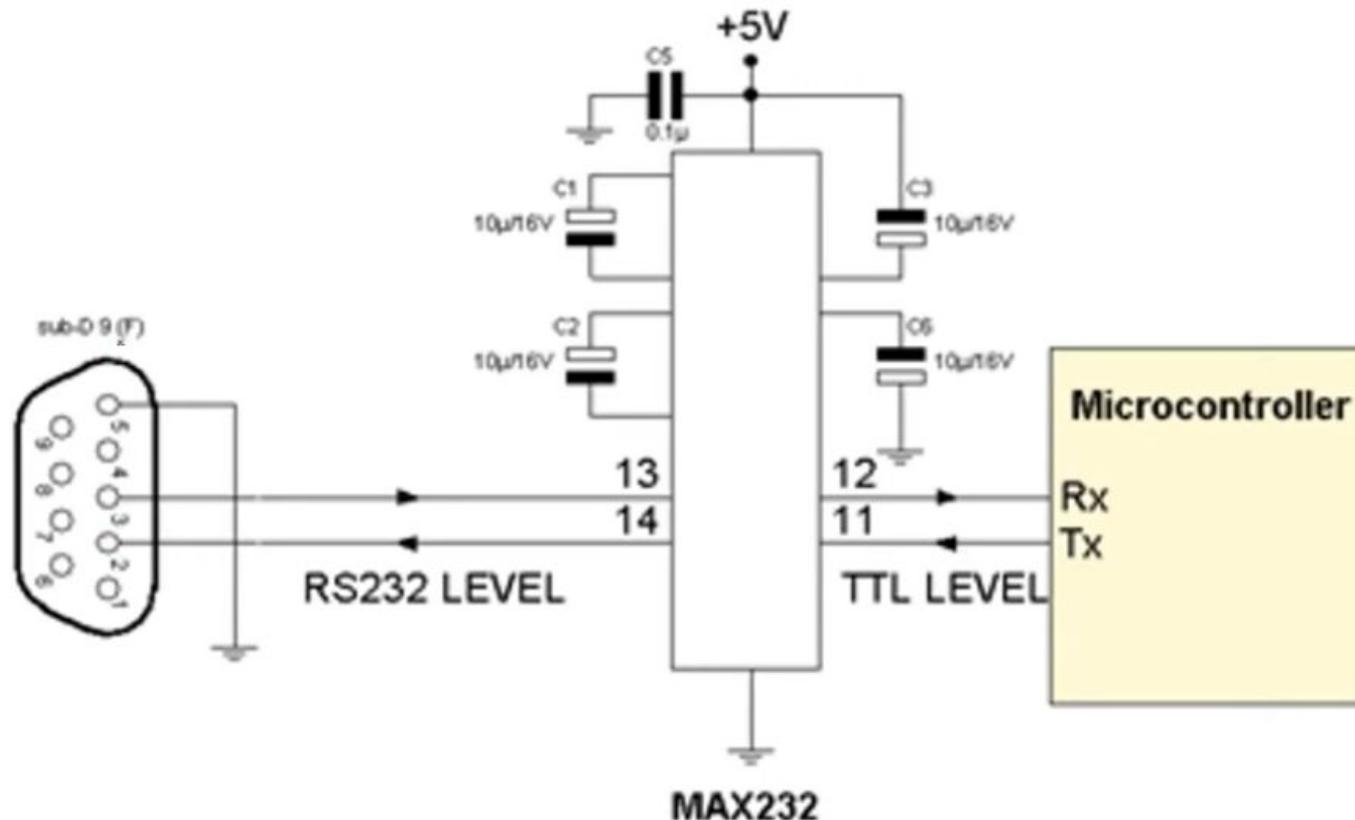
## Transceiver - MAX232 / Conversor TTL - EIA232

### Top View



**"C3 CAN BE RETURNED TO EITHER V<sub>cc</sub> OR GROUND"**

# Transceiver - MAX232 / Conversor TTL - EIA232



## Desvantagens

- Exige variações grandes de tensão
  - Alguns transceivers exigem fontes de -12V e +12V
- Pouca imunidade a ruído
- Pequenas distâncias
  - 15m recomendado
- Ponto a ponto
  - Somente dois dispositivos
- Controle de fluxo não é implementado em todos os tipos de dispositivos
- Dois tipos de pinagem: DCE e DTE
- Não envia alimentação pelo conector

# Cuidados e Diagnósticos de Problemas

- Tipo de dispositivo e cabos utilizados
  - DCE e DTE
  - Pinagem e montagem corretas
  - Atenuação e capacidade do fio
- Taxas e distâncias configuradas
  - Configuração de taxa igual em ambos os dispositivos
  - Paridade e baudrate
  - Distância atende as especificações

# Cuidados e Diagnósticos de Problemas

- Controle de fluxo
  - é necessário utilizar ou não
  - Está configurado igual em ambos dispositivos
  - O cabo possui os fios necessários
- Como está o ruído no ambiente
  - Testar com osciloscópio os sinais TX e RX durante o envio
- O protocolo utilizado é o mesmo em ambos dispositivos
- Está ocorrendo de fato o envio de dados

# RS485

**R**ecommended **S**tandard

TIA/EIA485

**T**elecommunications **I**ndustry **A**sociation  
**E**lectronic **I**ndustries **A**lliance

## Padrão EIA-485 / RS485

Define características funcionais e elétricas de cabos para a rede de comunicação.

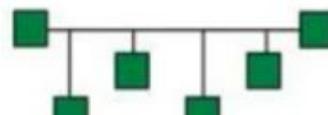


# Aplicações EIA-485 / RS485

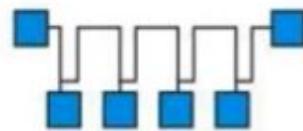
- Indústria
- Comércio
- Equipamentos médicos
- Embarcações
- Laboratórios

- Robustez
- Imunidade a interferências elétricas
- Capacidade de transmissão a longas distâncias

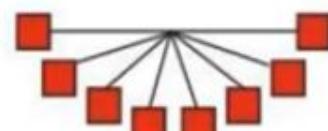
# Topologias EIA-485



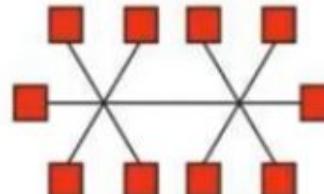
Barramento com derivações  
(tolerável)



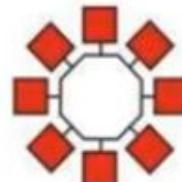
Daisy Chain  
(recomendada)



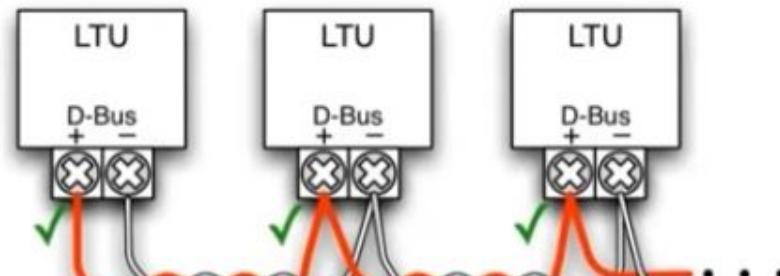
Estrela  
(evitar)



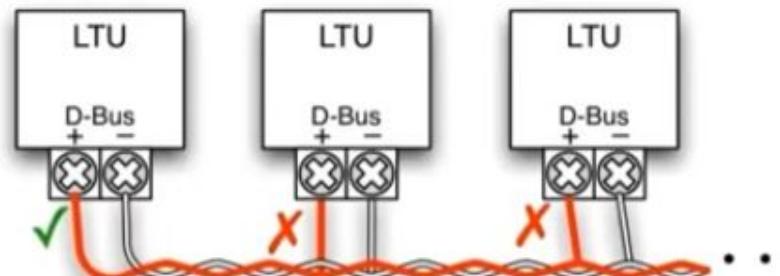
Barramento com estrelas  
(evitar)



Anel  
(evitar)

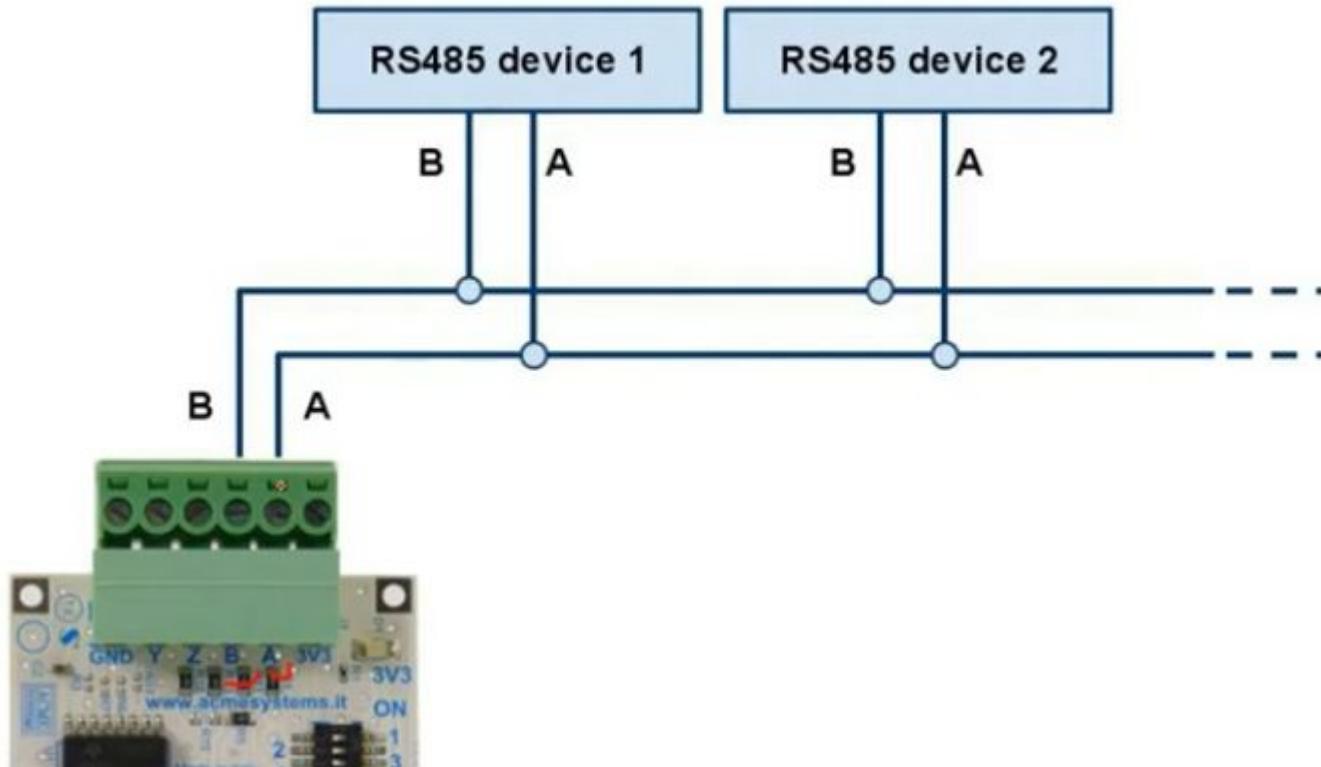


Correct daisy chain

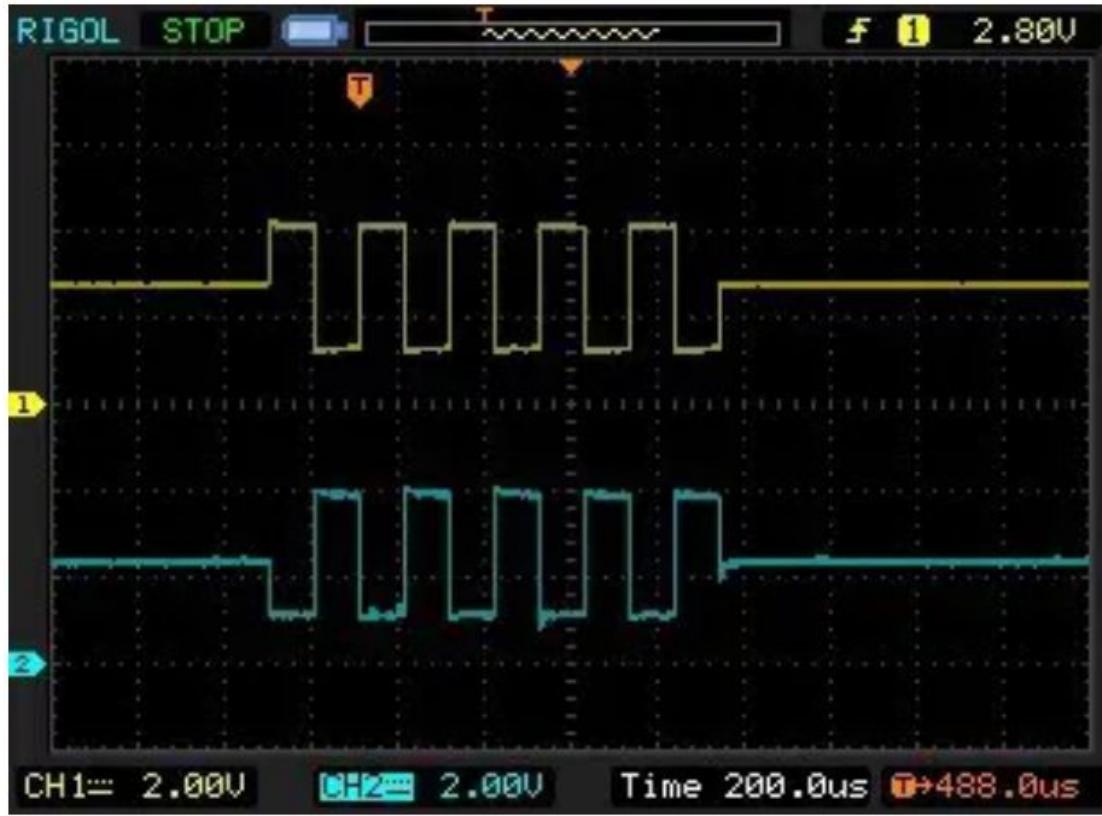


Not a proper daisy chain

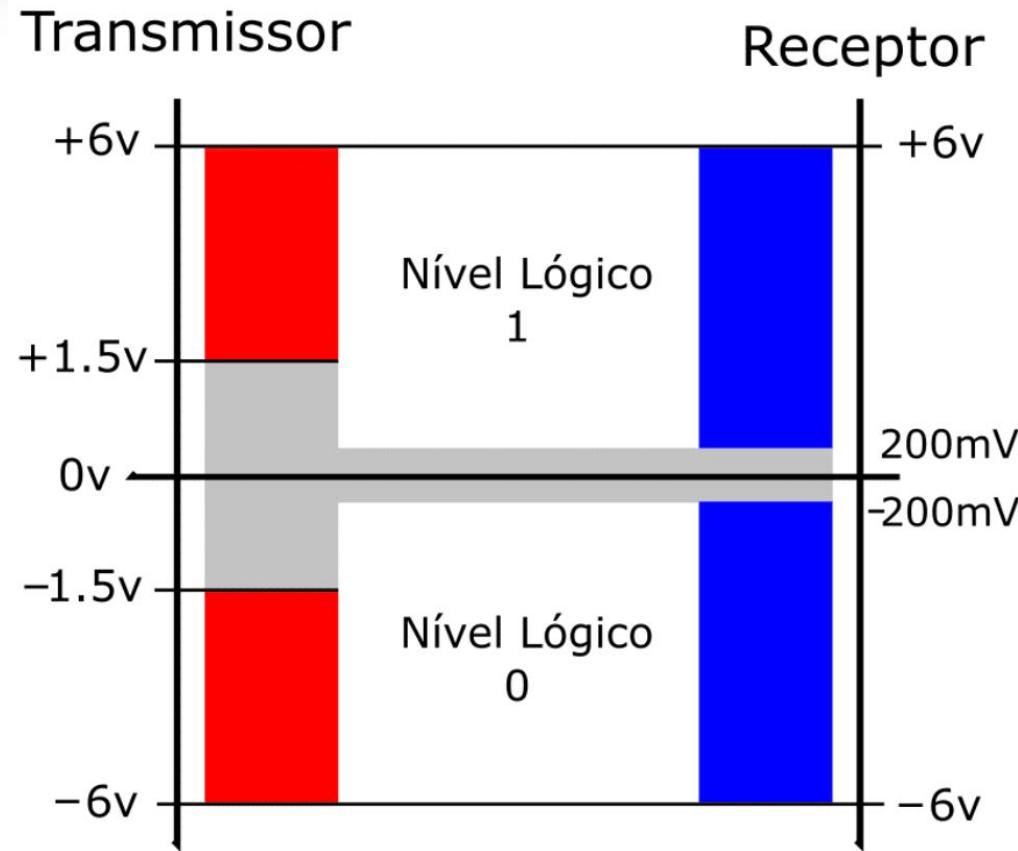
Par de fios com sinais diferenciais



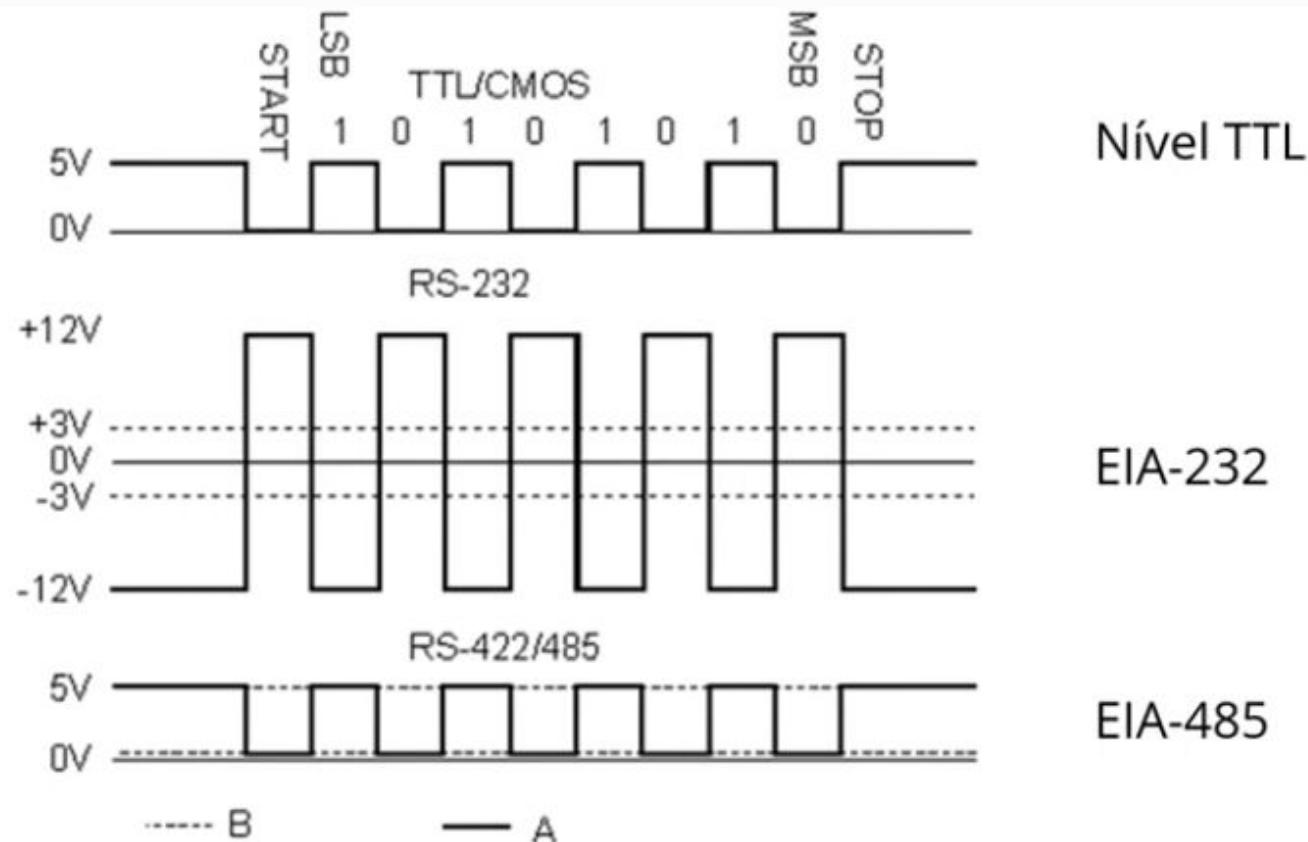
# Sinal diferencial EIA-485



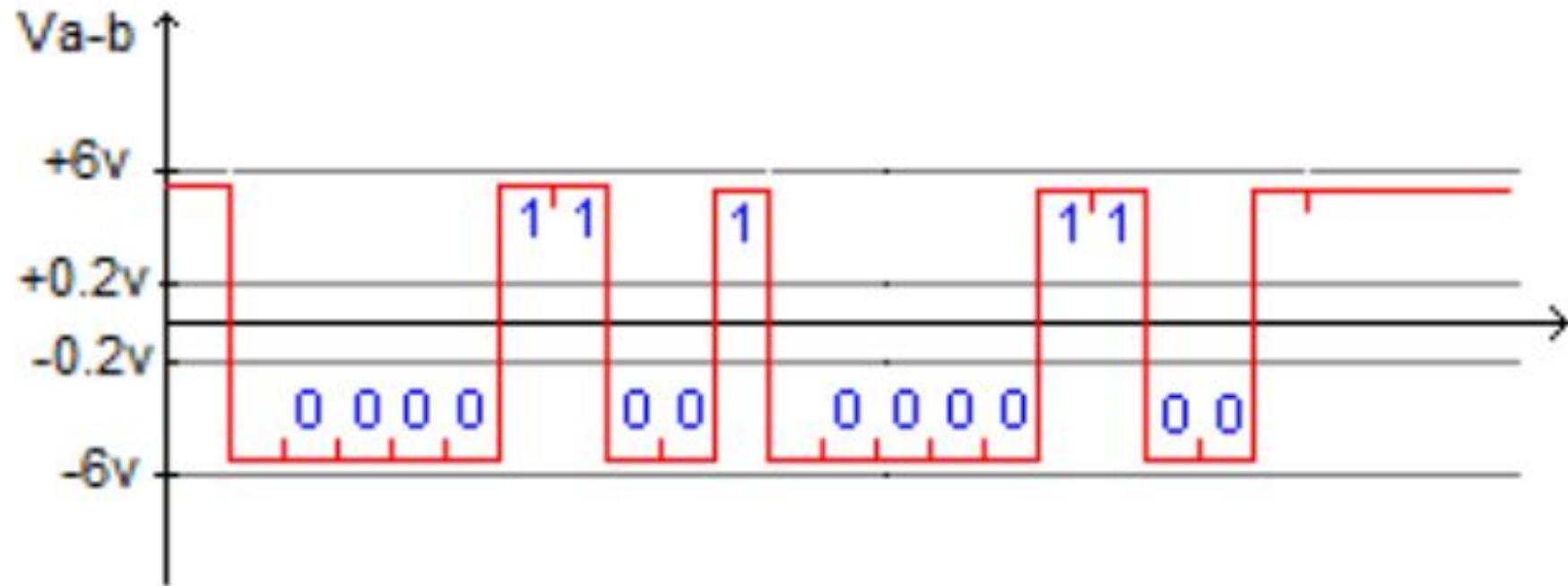
## Níveis de tensão EIA-485



## Níveis de tensão EIA-485

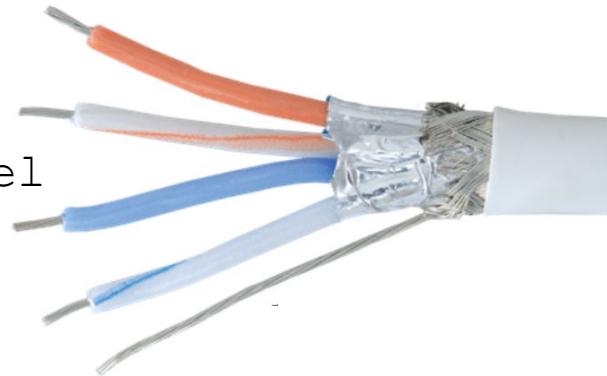


## Níveis de tensão EIA-485

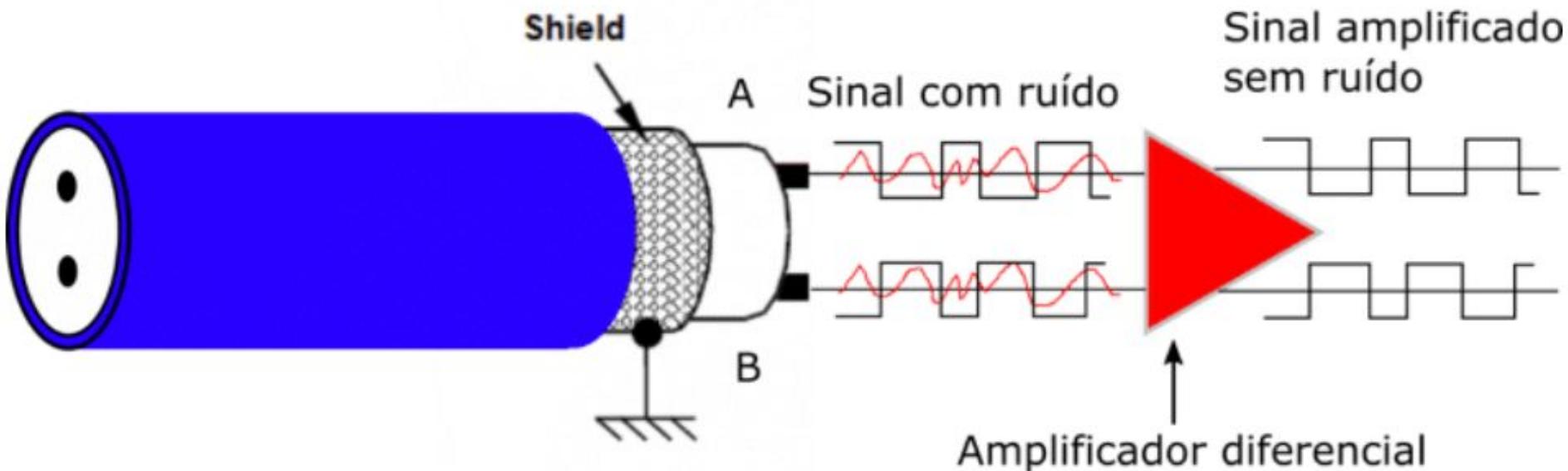


## Cabo par trançado

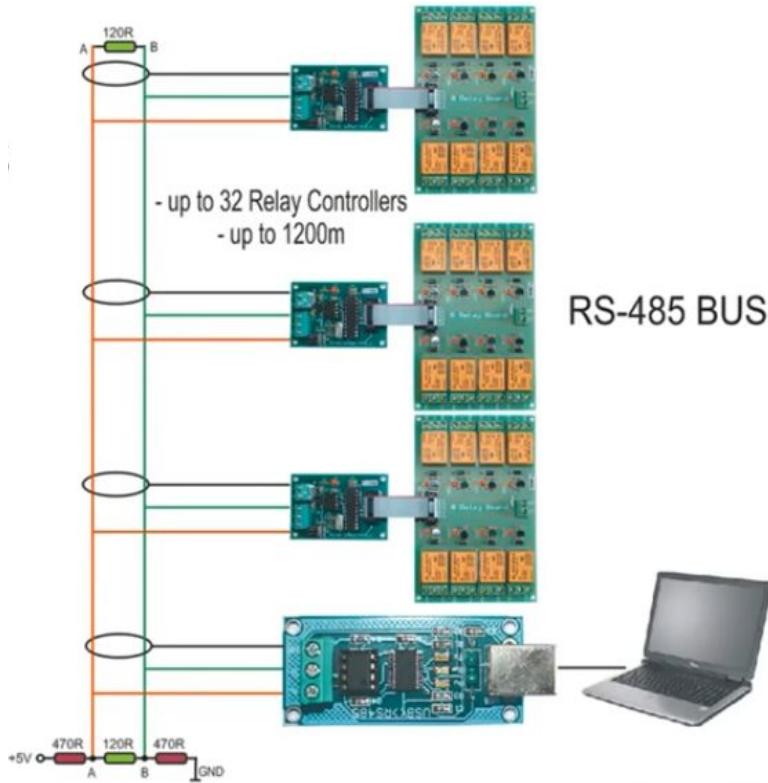
- Seção mínima de 24AWG ( $0,20\text{mm}^2$ )
- Deve possuir blindagem sempre que possível
- Capacitância no máximo 17pf/ft (55pf/m)
- Impedância maior que 100 ohms
- Se não for utilizado o fio terra em comum com os dispositivos da rede a blindagem do cabo deve ser aterrada em apenas uma de suas extremidades.



## Cabo par trançado



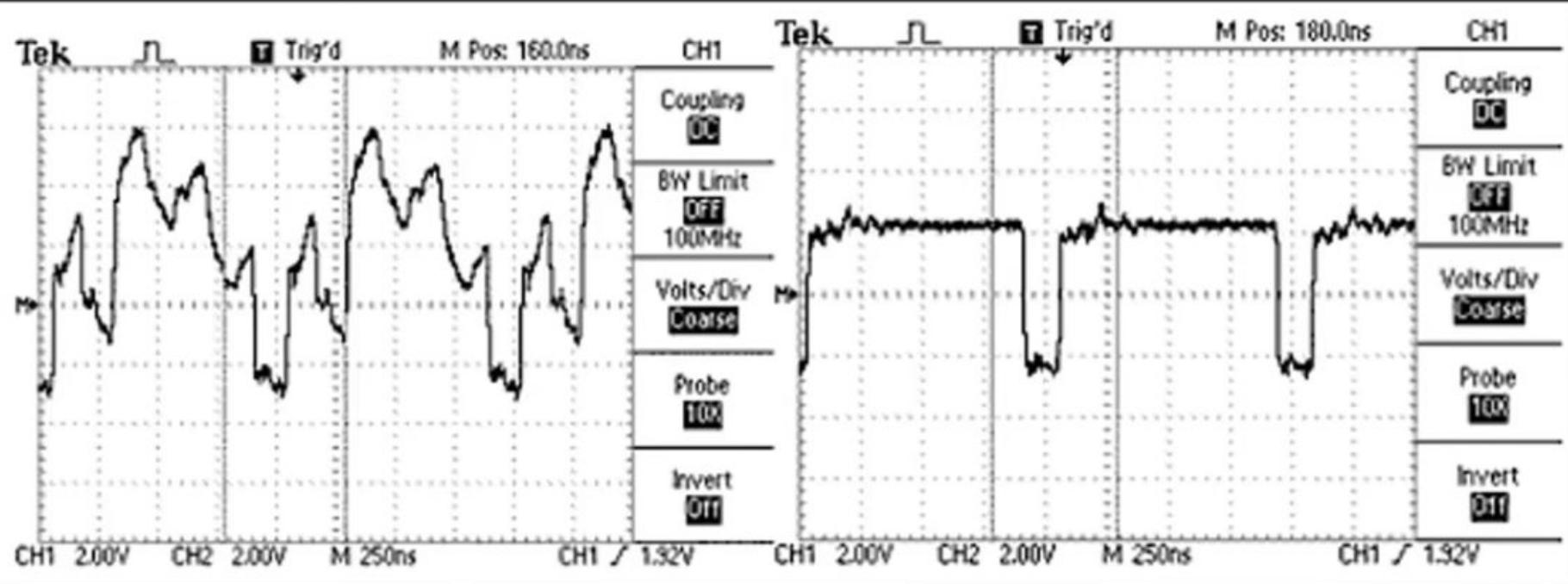
# Resistor de terminação EIA-485



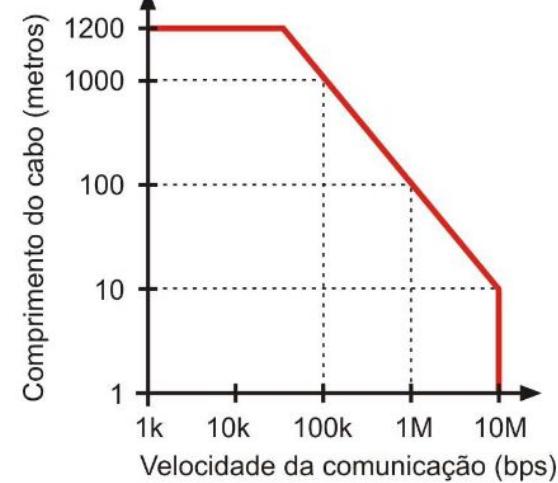
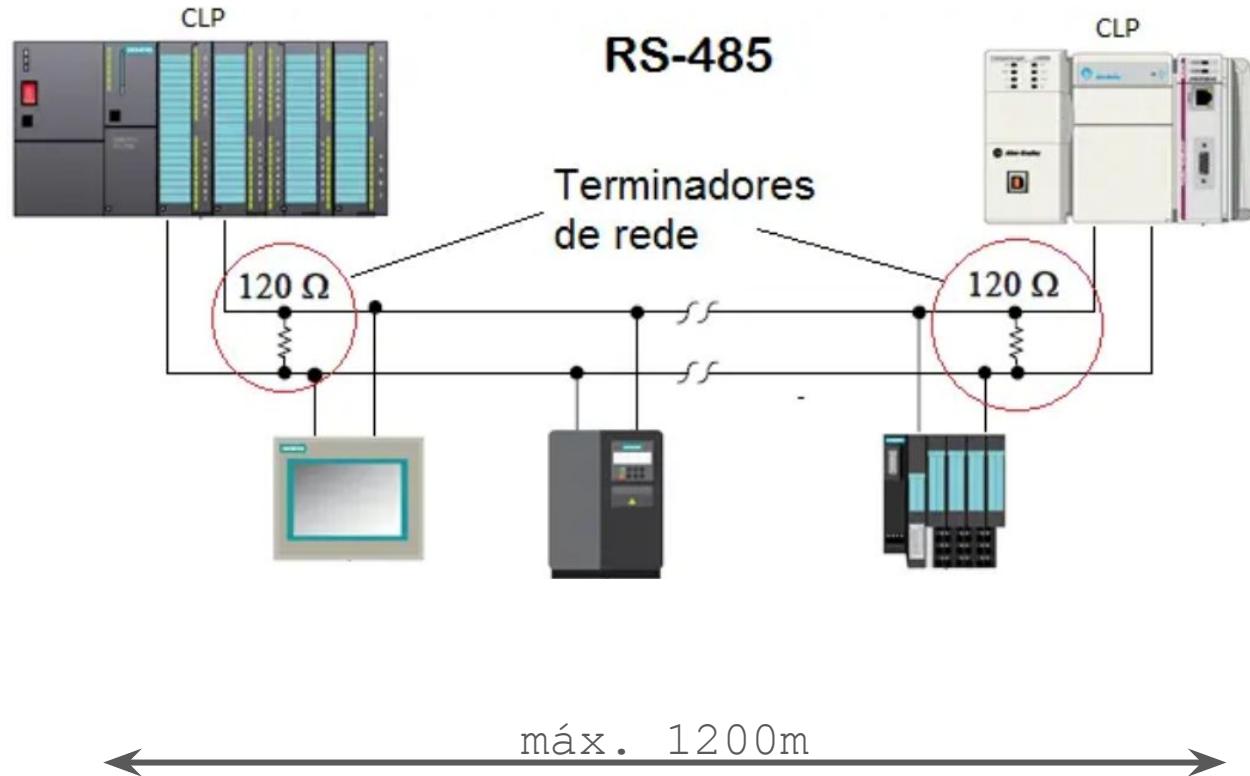
RS-485 BUS

- Necessita de resistores de terminação
  - Evita propagação de ruídos e reflexão
- Geralmente equipamentos possuem um jumper para ativar ou não o resistor de terminação.

# Resistores de terminação - EIA-485



Distância máxima da rede: 4000 pés ou 1219 m



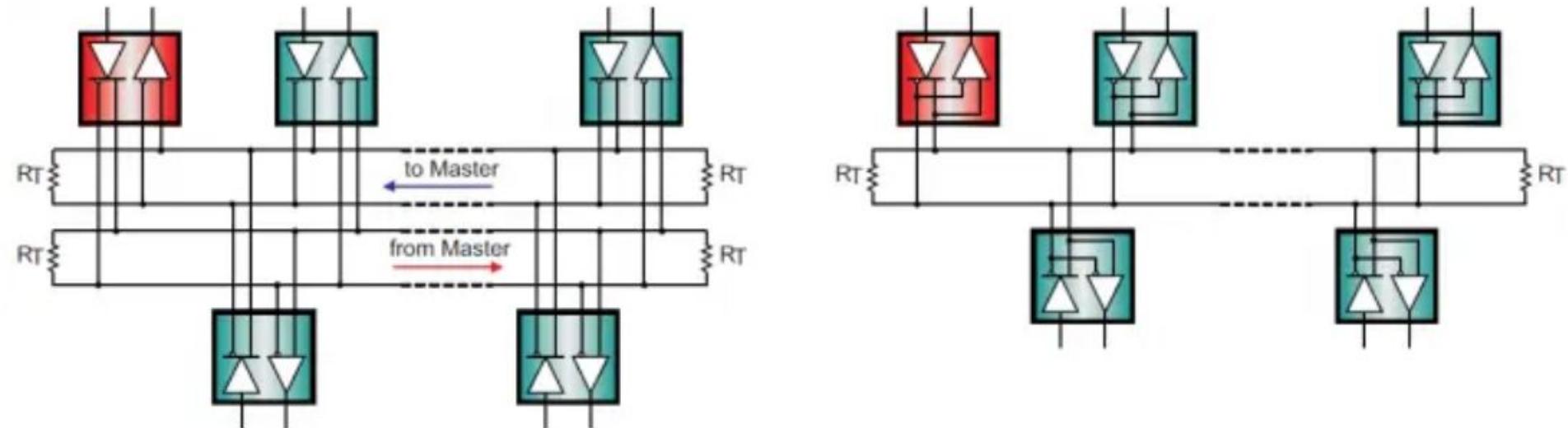
# Padrão EIA-485



# Padrão EIA-422



## Padrão EIA-485 e EIA-422



A norma adverte:

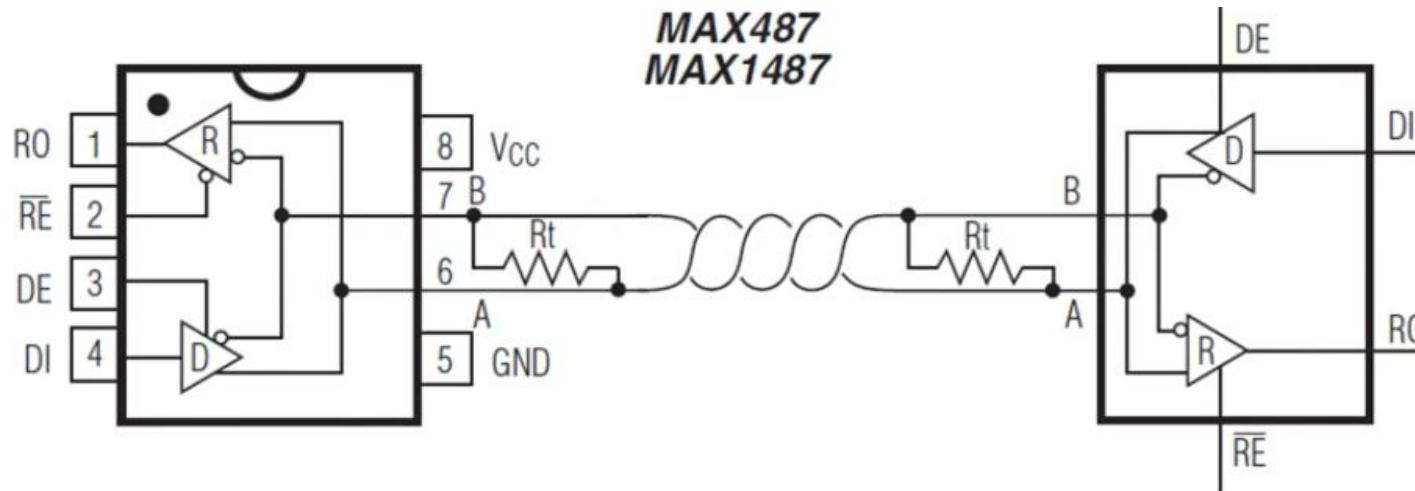
a máxima ddp entre os equipamentos da rede deve estar entre **-7V e +12V**

# Multiponto

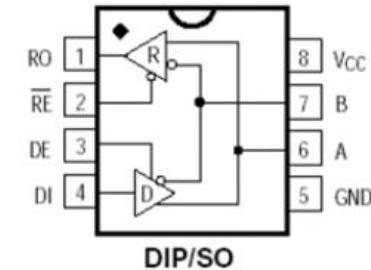
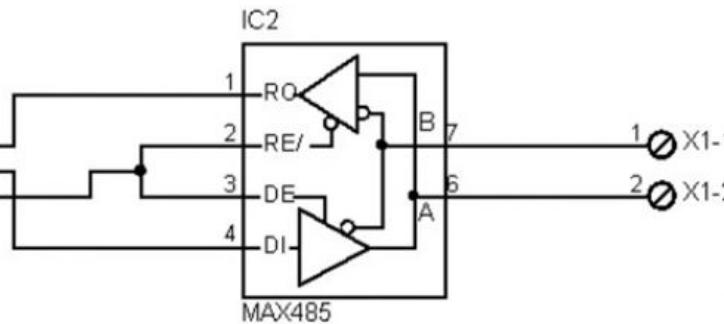
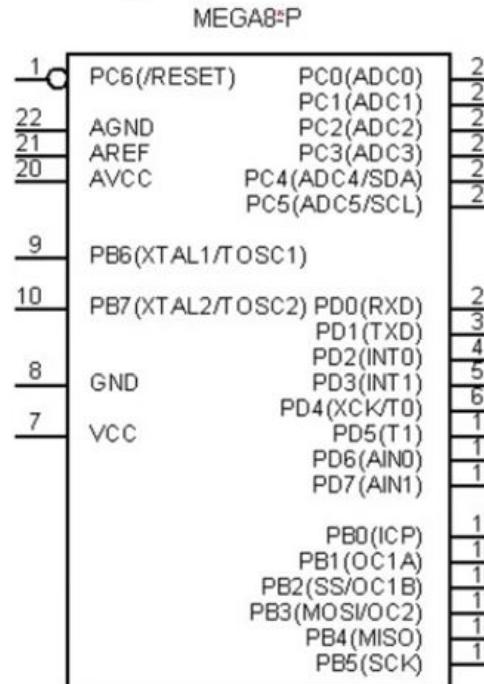
- O padrão **RS-485** é **multiponto**, o que permite até **32 dispositivos** em uma única rede:
  - O padrão define cada dispositivo da rede como “**únidade de carga**”, definindo em uma rede o número máximo de 32 unidades de carga;
- A definição de uma carga unitária é como uma resistência de **15 kΩ** – ligado a uma fonte **-3V ou 5V**;
- Dispositivos comerciais com **1/2 ,1/4 e 1/8** de unidade de carga.

# Transceivers comerciais MAX485 ou 75176

- Driver
  - Ativado quando o dispositivo quer enviar dados
- Receiver
  - Ativado quando o dispositivo está recebendo dados
  - Geralmente está sempre ativo



# Transceiver MAX485



# Protocolo de comunicação

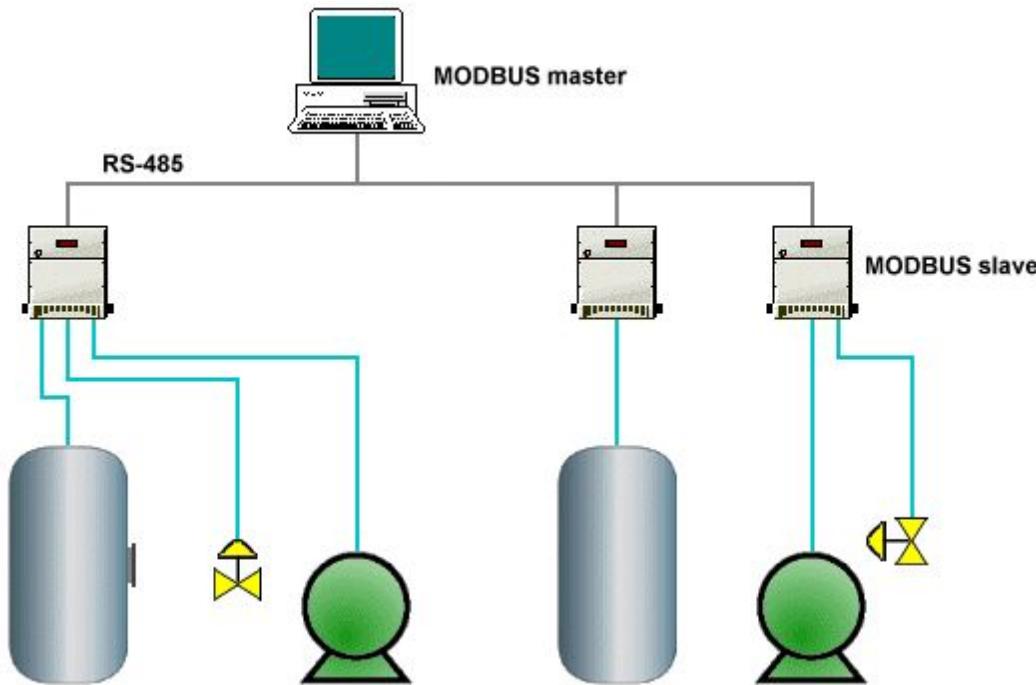
MODBUS

# MODBUS

- O MODBUS é um **protocolo para barramentos de campo** criado pela **Modicon**, empresa fabricante de produtos para automação, visando inicialmente uso em seus próprios produtos.
- Porém, com o tempo, o MODBUS foi sendo adotado por um grande número de fabricantes, passando de um protocolo proprietário para um**protocolo aberto**.
- Atualmente é utilizado por milhares de fabricantes, sendo **o mais popular** entre os protocolos de barramento de campo utilizados atualmente.

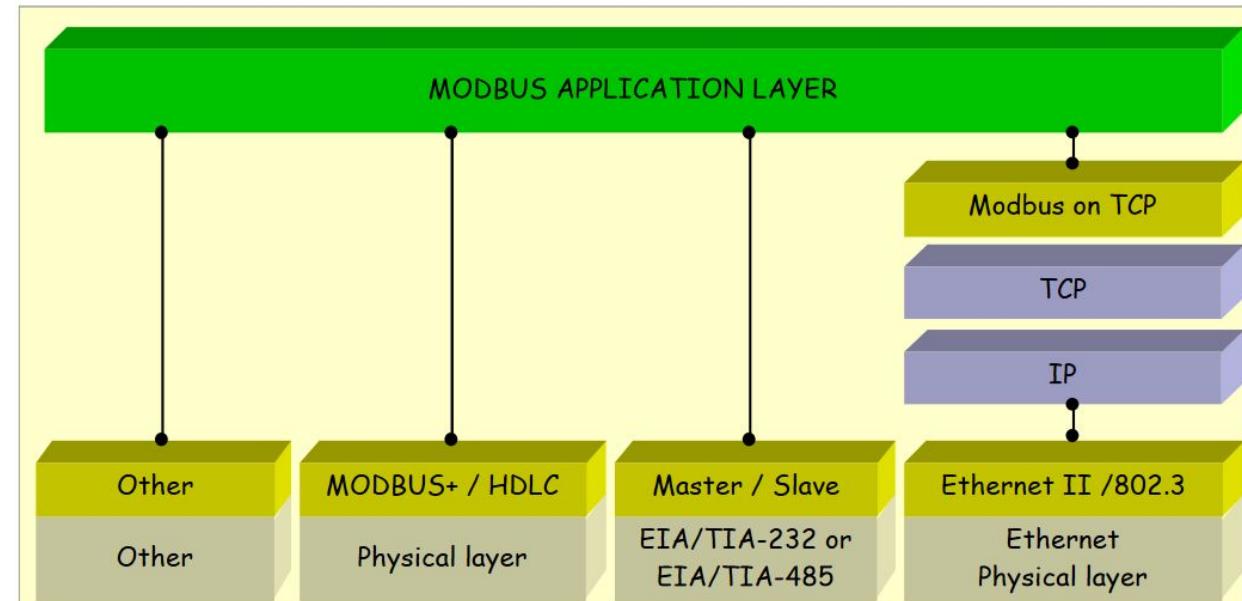
## MODBUS em modo Mestre-Escravo

- O MODBUS é baseado no modelo mestre-escravo ou **cliente-servidor**;
- **Toda comunicação** deve **passar** necessariamente por um dispositivo **mestre**.
- Cada rede MODBUS pode possuir um mestre e até 247 escravos.



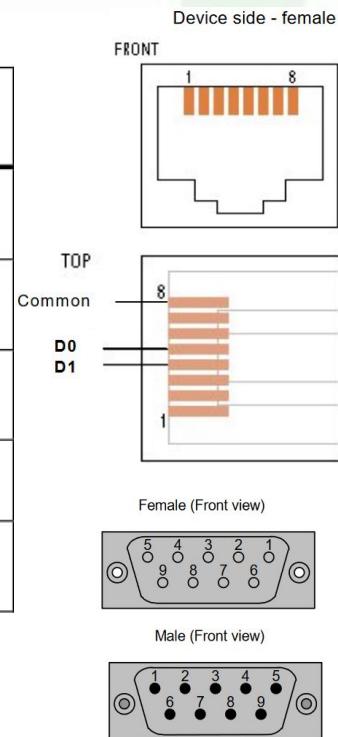
# MODBUS e o modelo ISO/OSI

Layer	ISO/OSI Model
7	Application
6	Presentation
5	Session
4	Transport
3	Network
2	Data Link
1	Physical



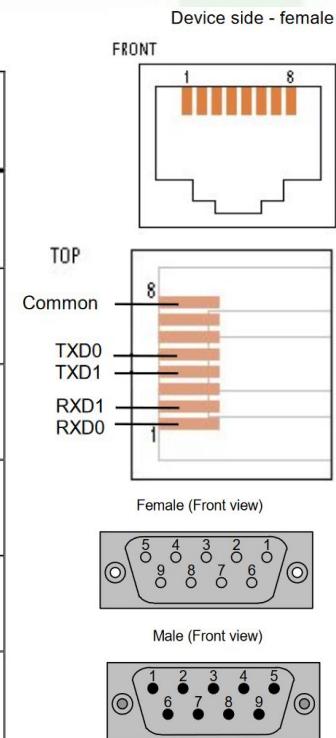
# MODBUS : Conexão recomendada

Pin on RJ45	Pin on D9-shell	Level of requirement	IDv Circuit	ITr Circuit	EIA/TIA-485 name	Description for IDv
3	3	optional	PMC	--	--	Port Mode Control
4	5	<b>required</b>	D1	D1	B/B'	<b>Transceiver terminal 1, V1 Voltage</b> ( $V1 > V0$ for binary 1 [OFF] state )
5	9	<b>required</b>	D0	D0	A/A'	<b>Transceiver terminal 0, V0 Voltage</b> ( $V0 > V1$ for binary 0 [ON] state )
7	2	recommended	VP	--	--	Positive 5...24 V D.C. Power Supply
8	1	<b>required</b>	Common	Common	C/C'	<b>Signal and Power Supply Common</b>



# MODBUS : Conexão recomendada

Pin on RJ45	Pin on D9-shell	Level of requirement	IDv Signal	ITr Signal	EIA/TIA-485 name	Description for IDv
1	8	required	RXD0	RXD0	A'	<b>Receiver terminal 0, Va' Voltage</b> ( $Va' > Vb'$ for binary 0 [ON] state )
2	4	required	RXD1	RXD1	B'	<b>Receiver terminal 1, Vb' Voltage</b> ( $Vb' > Va'$ for binary 1 [OFF] state )
3	3	optional	PMC	--	--	Port Mode Control
4	5	required	TXD1	TXD1	B	<b>Generator terminal 1, Vb Voltage</b> ( $Vb > Va$ for binary 1 [OFF] state )
5	9	required	TXD0	TXD0	A	<b>Generator terminal 0, Va Voltage</b> ( $Va > Vb$ for binary 0 [ON] state )
7	2	recommended	VP	--	--	Positive 5...24 V DC Power Supply
8	1	required	Common	Common	C/C'	<b>Signal and Power Supply Common</b>

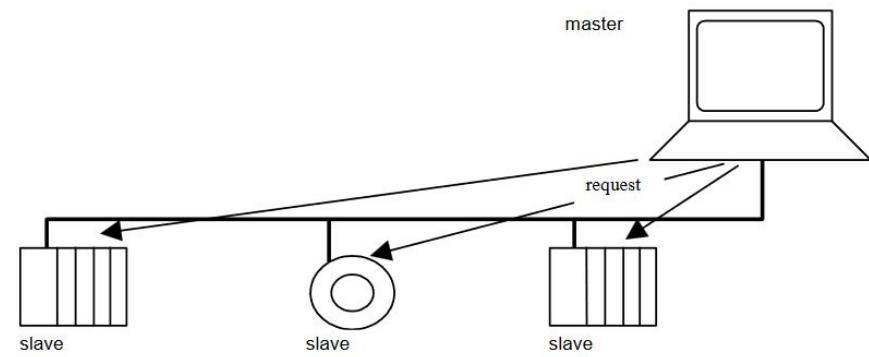
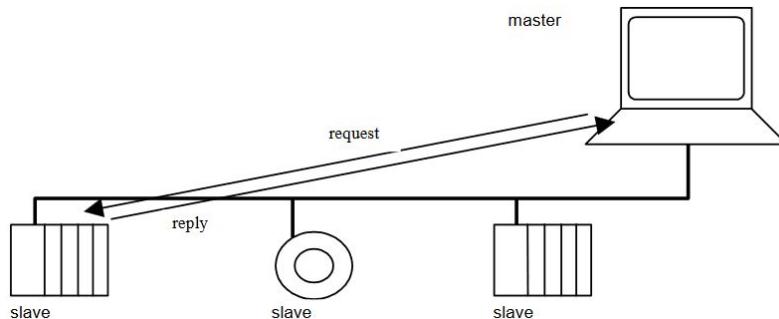


## MODBUS: recomendação de cores para fios

Signal Names	Recommended Color
D1-TXD1	yellow
D0-TXD0	brown
Common	grey
4W ( Optional )	RXD0
4W ( Optional )	RXD1

# Codificação de Mensagem em MODBUS

- Uma mensagem em MODBUS pode ser uma sequência que varia desde alguns poucos bytes (menos de 10) até algumas centenas (máximo de 256 bytes).
- Cada um dos serviços possui um formato de mensagem:
  - requisição;
  - resposta.



# Codificação de Mensagem em MODBUS

- As trocas de informações entre dispositivos, utiliza um conjunto de caracteres hexadecimais ou ASCII.
  - MODBUS ASCII:** transmite dados de sete bits.
    - Gera mensagens legíveis, mas consome mais recursos da rede.
  - MODBUS RTU** (*remote terminal unit*): Binário de oito bits

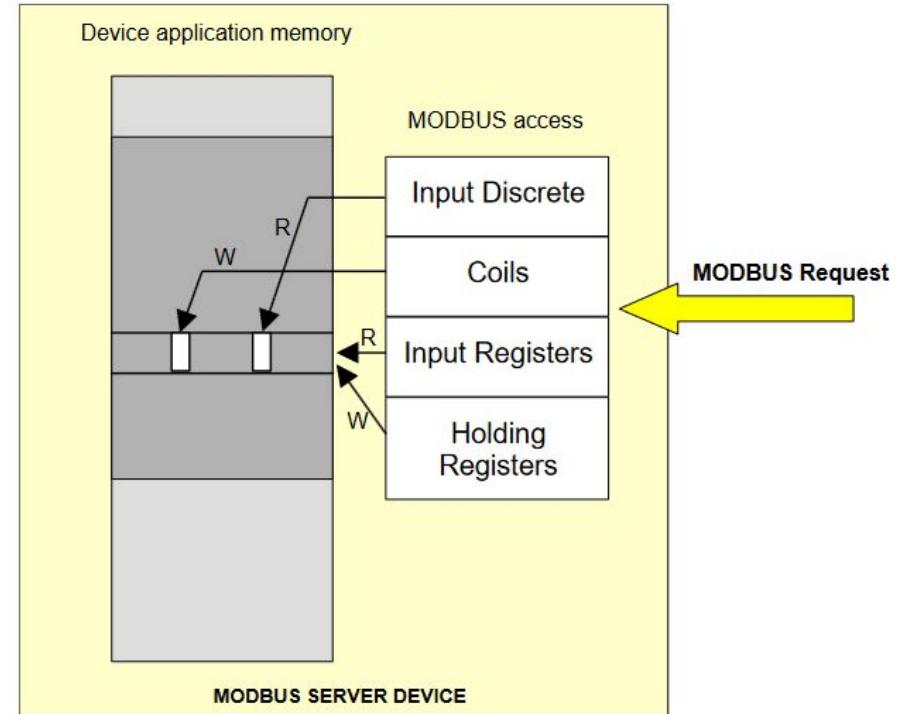
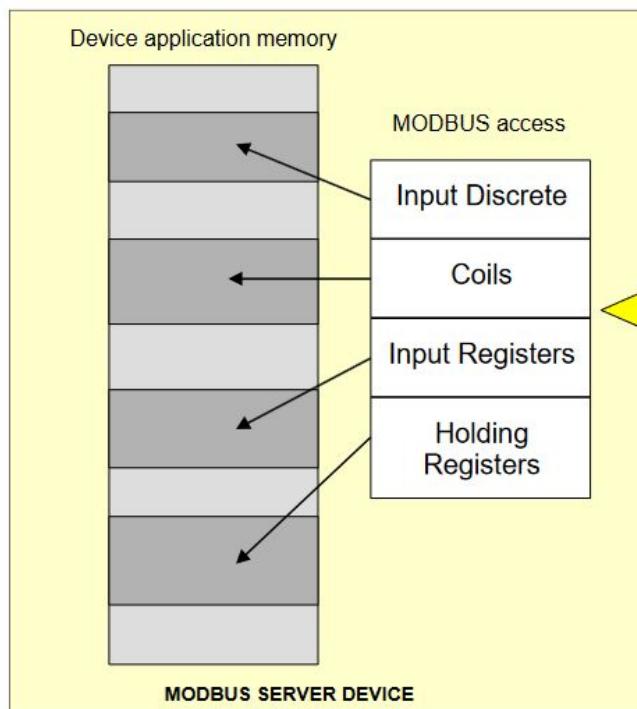
With Parity Checking

Start	1	2	3	4	5	6	7	8	Par	Stop
-------	---	---	---	---	---	---	---	---	-----	------

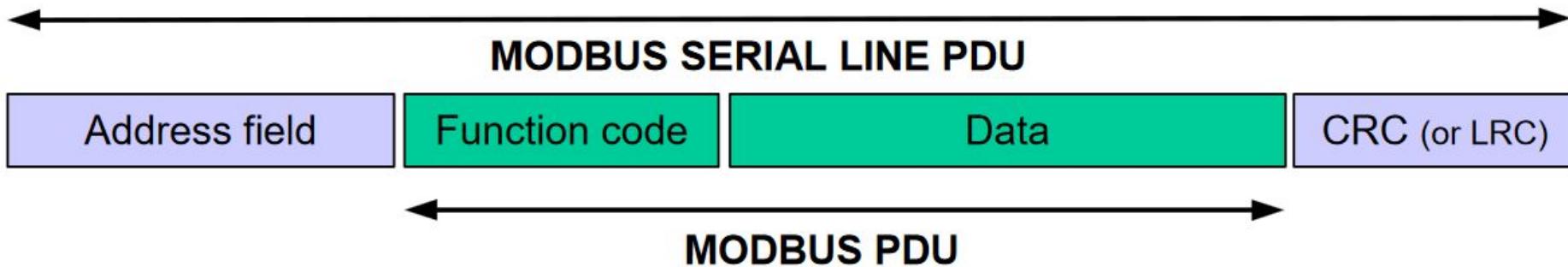
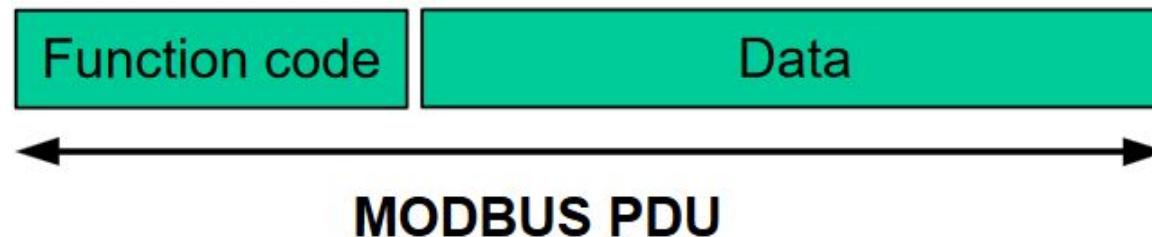
Without Parity Checking

Start	1	2	3	4	5	6	7	8	Stop	Stop
-------	---	---	---	---	---	---	---	---	------	------

# Modelos de organização de memória



# Unidade de Dados de Protocolo *Protocol Data Unit (PDU)*

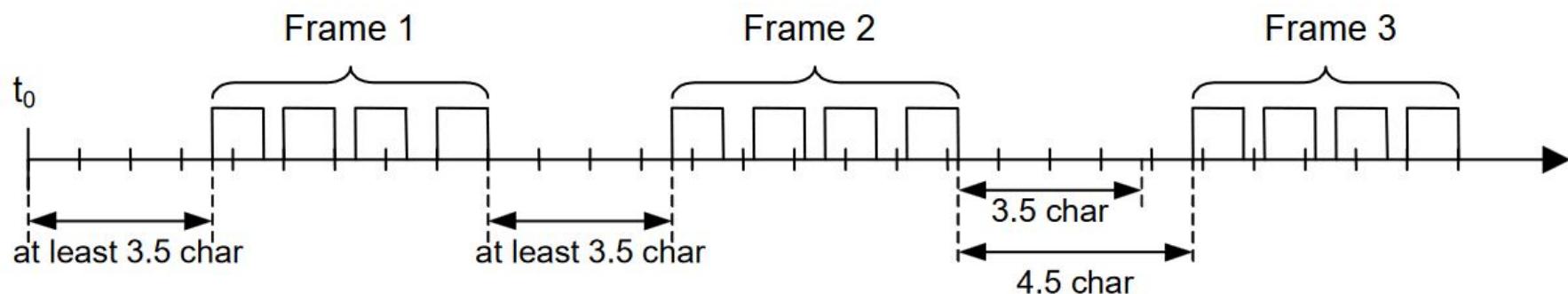
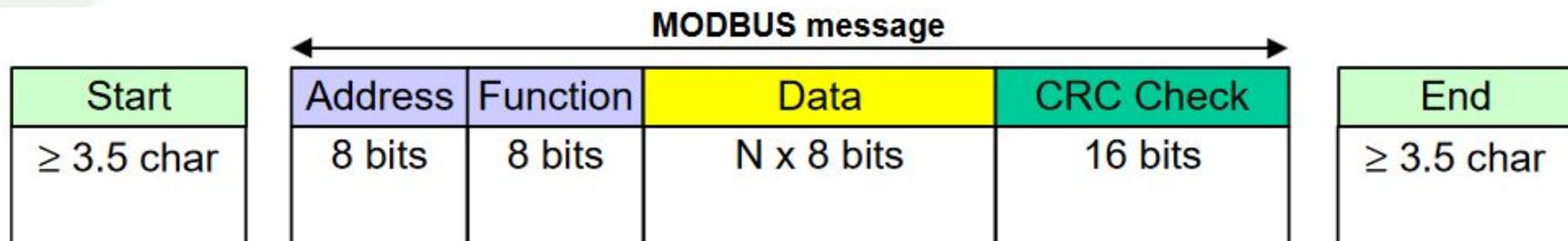


## *FRAME* de mensagem em MODBUS RTU

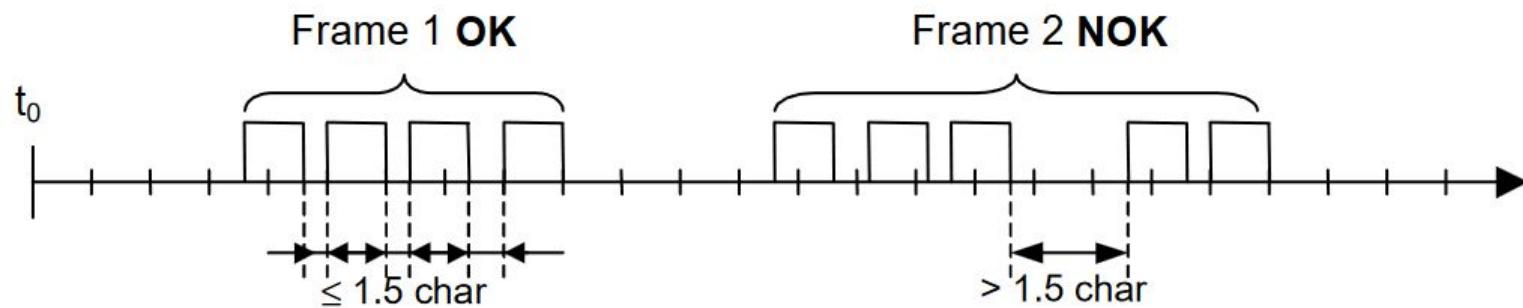
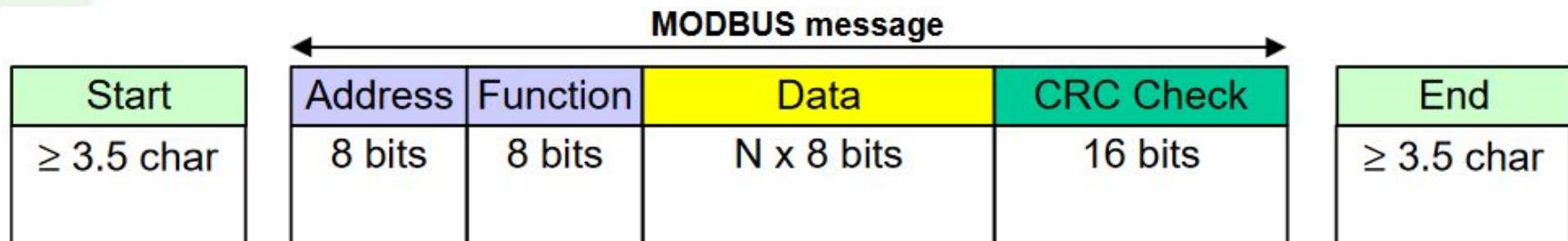
Slave Address	Function Code	Data	CRC
1 byte	1 byte	0 up to 252 byte(s)	2 bytes CRC Low   CRC Hi

Tamanho máximo do frame: 256 bytes

# Temporização de Mensagem em MODBUS



# Codificação de Mensagem em MODBUS



Baudrate > 19200 bps       $t_{1.5} = 750\mu\text{s}$   
 $t_{3.5} = 1750\mu\text{s}$

# Codificação de Mensagem em MODBUS

End Disp	Com	Dados			CRC
02	03	00	00	00	0A 2 caracteres

# Codificação de Mensagem em MODBUS

End Disp	Com	Dados			CRC
02	03	00	00	00	0A 2 caracteres

- Número de endereço do escravo (1 byte)
- Designa o **destinatário** da mensagem

0	<b>Broadcast address</b>
1 .. 247	<b>Slave individual addresses</b>
248 .. 255	<b>Reserve</b>

# Codificação de Mensagem em MODBUS

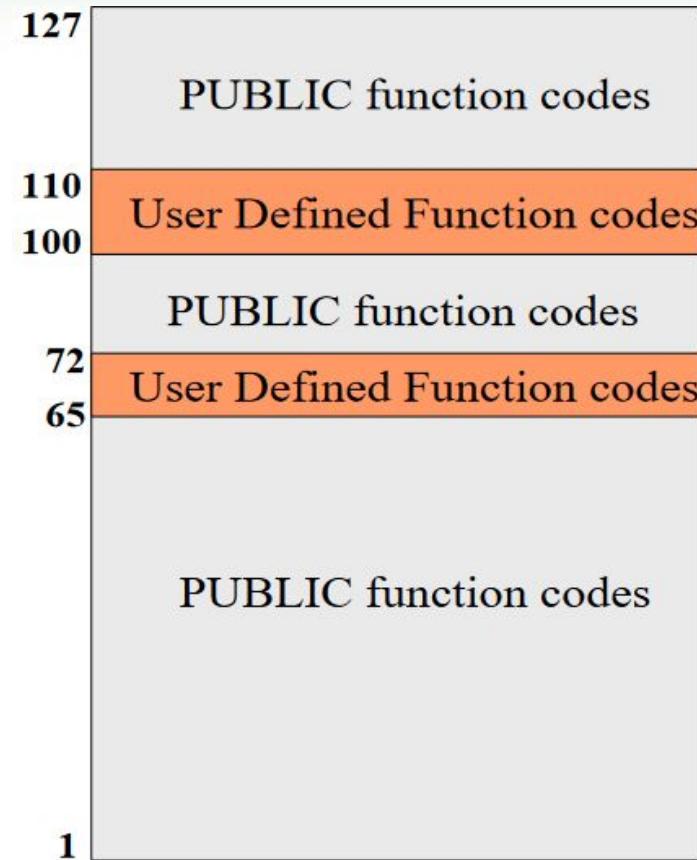
End Disp	Com	Dados				CRC
02	03	00	00	00	0A	2 caracteres

- Código da **função (ou comando)** a realizar (1 byte)
- Designa um comando de escrita ou leitura sobre os escravos
- Isso automaticamente informa o tipo de operando associado
  - Leitura de dados;
  - Escrita de dados;
  - Difusão de dados (Broadcast) .

# Código de Funções Públcas MODBUS

				Function Codes			
			code	Sub code	(hex)	Section	
Data Access	Bit access	Physical Discrete Inputs	Read Discrete Inputs	02		02 6.2	
		Internal Bits Or Physical coils	Read Coils	01		01 6.1	
			Write Single Coil	05		05 6.5	
			Write Multiple Coils	15		0F 6.11	
	16 bits access	Physical Input Registers	Read Input Register	04		04 6.4	
			Read Holding Registers	03		03 6.3	
		Internal Registers Or Physical Output Registers	Write Single Register	06		06 6.6	
			Write Multiple Registers	16		10 6.12	
			Read/Write Multiple Registers	23		17 6.17	
			Mask Write Register	22		16 6.16	
			Read FIFO queue	24		18 6.18	
	File record access		Read File record	20		14 6.14	
			Write File record	21		15 6.15	
Diagnostics			Read Exception status	07		07 6.7	
			Diagnostic	08	00-18,20	08 6.8	
			Get Com event counter	11		OB 6.9	
			Get Com Event Log	12		0C 6.10	
			Report Server ID	17		11 6.13	
			Read device Identification	43	14	2B 6.21	
Other	Encapsulated Interface Transport		43	13,14	2B	6.19	
	CANopen General Reference		43	13	2B	6.20	

# Intervalo de Funções Definidas pelo Usuário



# Codificação de Mensagem em MODBUS

End Disp	Com	Dados				CRC
02	03	00	00	00	0A	2 caracteres

- 1 - 01h - Read coil status
- 2 - 02h - Read input status
- 3 - 03h - Read holding registers
- 4 - 04h - Read input registers
- 5 - 05h - Write single-coil status
- 6 - 06h - Write single register
- 15 - 0Fh - Write multiple-coil status
- 16 - 10h - Write multiple registers

# Coils

End Disp	Com	Dados				CRC
02	03	00	00	00	0A	2 caracteres

- 1 - 01h - Read coil status**
- 2 - 02h - Read input status
- 3 - 03h - Read holding registers
- 4 - 04h - Read input registers
- 5 - 05h - Write single-coil status**
- 6 - 06h - Write single register
- 15 - 0Fh - Write multiple-coil status**
- 16 - 10h - Write multiple registers

Tamanho
1-bit
Endereçamento
00001 - 09999
0000h - 270Eh

# Discrete Input

End Disp	Com	Dados				CRC
02	03	00	00	00	0A	2 caracteres

- 1 - 01h - Read coil status
- 2 - 02h - Read input status**
- 3 - 03h - Read holding registers
- 4 - 04h - Read input registers
- 5 - 05h - Write single-coil status
- 6 - 06h - Write single register
- 15 - 0Fh - Write multiple-coil status
- 16 - 10h - Write multiple registers

Tamanho
1-bit
Endereçamento
10001 - 19999
0000h - 270Eh

# Input Register

End Disp	Com	Dados				CRC
02	03	00	00	00	0A	2 caracteres

- 1 - 01h - Read coil status
- 2 - 02h - Read input status
- 3 - 03h - Read holding registers
- 4 - 04h - Read input registers**
- 5 - 05h - Write single-coil status
- 6 - 06h - Write single register
- 15 - 0Fh - Write multiple-coil status
- 16 - 10h - Write multiple registers

Tamanho
16-bits
Endereçamento
30001 - 39999
0000h - 270Eh

# Holding Register

End Disp	Com	Dados				CRC
02	03	00	00	00	0A	2 caracteres

- 1 - 01h - Read coil status
- 2 - 02h - Read input status
- 3 - 03h - Read holding registers**
- 4 - 04h - Read input registers
- 5 - 05h - Write single-coil status
- 6 - 06h - Write single register**
- 15 - 0Fh - Write multiple-coil status
- 16 - 10h - Write multiple registers**

Tamanho
16-bits
Endereçamento
40001 - 49999
0000h - 270Eh

# Codificação de Mensagem em MODBUS

End Disp	Com	Dados				CRC
02	03	00	00	00	0A	2 caracteres

- Dados da Requisição.
  - Pode conter o **endereço respectivo** (2 bytes)
  - designa a **posição de memória inicial** dos dados do escravo;
  - Pode conter ainda bytes que designam o **número de operandos**, dados a transmitir ou a serem lidos do escravo.

# Codificação de Mensagem em MODBUS

End Disp	Com	Dados				CRC
02	03	00	00	00	0A	2 caracteres

- CRC uma palavra de **controle** (2 bytes)
- Serve para detectar os erros de transmissão
- Tipo [CRC-16](#).

## 01 (0x01) Read Coils

### Request

Function code	1 Byte	<b>0x01</b>
Starting Address	2 Bytes	0x0000 to 0xFFFF
Quantity of coils	2 Bytes	1 to 2000 (0x7D0)

### Response

Function code	1 Byte	<b>0x01</b>
Byte count	1 Byte	<b>N*</b>
Coil Status	<b>n</b> Byte	$n = N \text{ or } N+1$

### Error

Function code	1 Byte	<b>Function code + 0x80</b>
Exception code	1 Byte	01 or 02 or 03 or 04

## 01 (0x01) Read Coils

Requisição de leitura das saídas discretas de 20 até 38:

Request		Response	
Field Name	(Hex)	Field Name	(Hex)
Function	01	Function	01
Starting Address Hi	00	Byte Count	03
Starting Address Lo	13	Outputs status 27-20	CD
Quantity of Outputs Hi	00	Outputs status 35-28	6B
Quantity of Outputs Lo	13	Outputs status 38-36	05

## 03 (0x03) Read Holding Registers

### Request

Function code	1 Byte	<b>0x03</b>
Starting Address	2 Bytes	0x0000 to 0xFFFF
Quantity of Registers	2 Bytes	1 to 125 (0x7D)

### Response

Function code	1 Byte	<b>0x03</b>
Byte count	1 Byte	<b>2 x N*</b>
Register value	<b>N* x 2 Bytes</b>	

\***N** = Quantity of Registers

### Error

Error code	1 Byte	<b>0x83</b>
Exception code	1 Byte	01 or 02 or 03 or 04

## 03 (0x03) Read Holding Registers

Requisição de leitura dos registradores 108 até 110:

Request		Response	
Field Name	(Hex)	Field Name	(Hex)
Function	03	Function	03
Starting Address Hi	00	Byte Count	06
Starting Address Lo	6B	Register value Hi (108)	02
No. of Registers Hi	00	Register value Lo (108)	2B
No. of Registers Lo	03	Register value Hi (109)	00
		Register value Lo (109)	00
		Register value Hi (110)	00
		Register value Lo (110)	64

## 06 (0x06) Write Single Register

### Request

Function code	1 Byte	<b>0x06</b>
Register Address	2 Bytes	0x0000 to 0xFFFF
Register Value	2 Bytes	0x0000 to 0xFFFF

### Response

Function code	1 Byte	<b>0x06</b>
Register Address	2 Bytes	0x0000 to 0xFFFF
Register Value	2 Bytes	0x0000 to 0xFFFF

### Error

Error code	1 Byte	<b>0x86</b>
Exception code	1 Byte	01 or 02 or 03 or 04

## 06 (0x06) Write Single Register

Requisição para escrever no registrador 2 o valor 0003h:

Request		Response	
Field Name	(Hex)	Field Name	(Hex)
Function	06	Function	06
Register Address Hi	00	Register Address Hi	00
Register Address Lo	01	Register Address Lo	01
Register Value Hi	00	Register Value Hi	00
Register Value Lo	03	Register Value Lo	03

# Sistema Supervisório

SCADA

# Sistema Supervisório - SCADA

