

# REDES INDUSTRIAIS

## **MOTIVAÇÃO PARA REDES INDUSTRIAIS**

- ambiente hostil para operação dos equipamentos (perturbações eletromagnéticas, elevadas temperaturas, sujeira, etc.);
- a troca de informações se dá, na maioria das vezes, entre equipamentos e não entre um operador humano e o equipamento;
- os tempos de resposta e a segurança dos dados são críticos em diversas situações;
- uma grande quantidade de equipamentos pode estar conectada na rede, o que torna a questão de custos muito importante.

# Pirâmide da Automação

Administração de recursos da empresa. Neste nível encontram-se software para gestão de vendas e financeira

Nível 5:  
Gerenciamento  
Corporativo  
Mainframe

Ethernet  
TCP/IP  
OPC  
DDE, DCOM

Nível responsável pela programação e pelo planejamento de produção, realizando o controle, agendamento e a logística de suprimentos

Nível 4:  
Gerenciamento de planta  
Workstation

Ethernet  
TCP/IP  
OPC  
DDE, DCOM

Permite a supervisão e otimização de processo. Normalmente possui banco de dados com informações relativas ao processo.

Nível 3:  
Supervisão  
Workstation, PC, IHM

ControlNet  
EthernetIP  
Foundation – HSE  
OPC, Modbus  
Profibus FMS, DP, ProfiNet

Nível onde se encontram os equipamentos que executam o controle automático centralizado ou não das atividades da planta

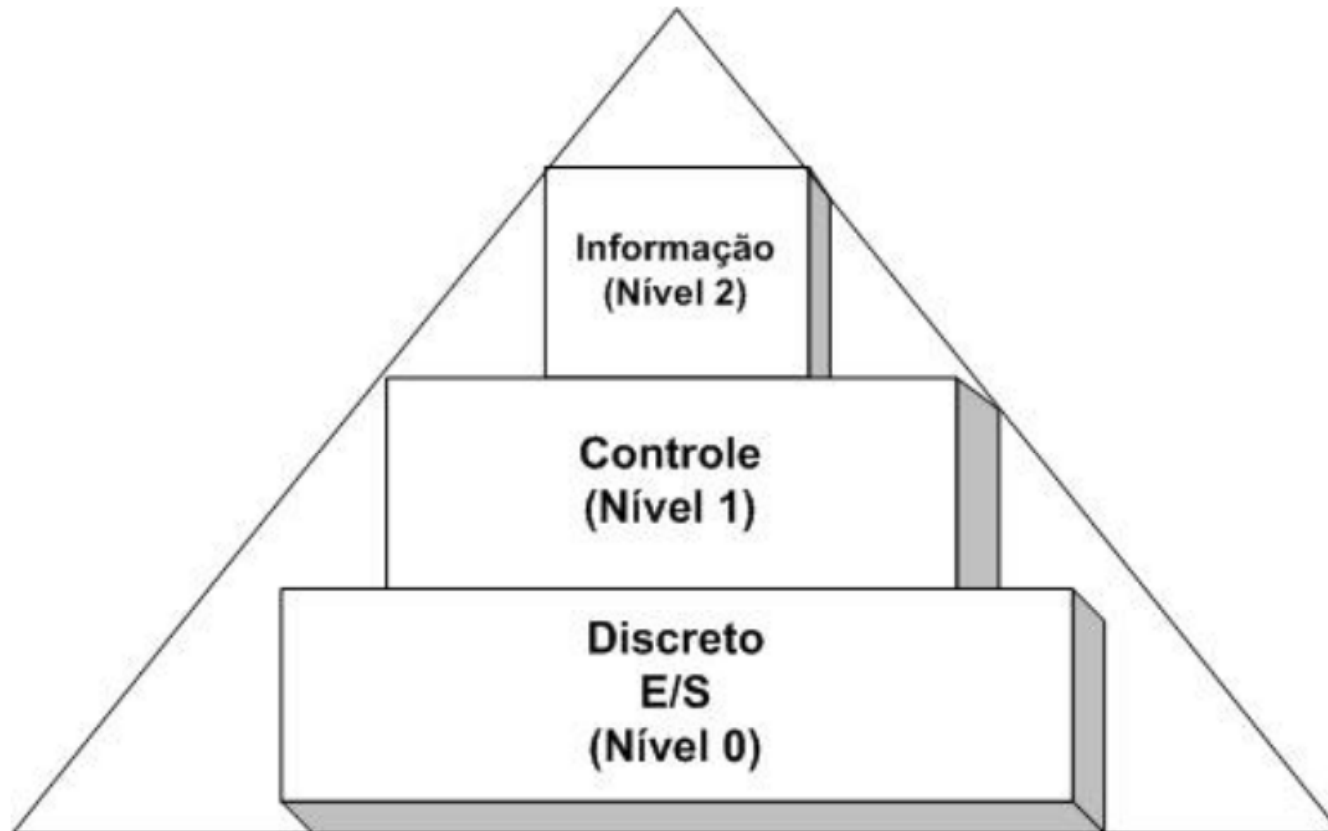
Nível 2:  
Controle  
CLP, PC, CNC, SDCD

Fieldbus H1  
CAN  
Profibus DP, PA  
HART  
AS-i

Nível de chão-de-fábrica, máquinas e componentes da planta. Neste nível também se encontram os equipamentos que executam controle automático distribuído.

Nível 1:  
Dispositivos de campo, sensores e atuadores

## **NÍVEIS DE UMA REDE INDUSTRIAL**



Níveis de uma rede industrial

## **NÍVEIS DE UMA REDE INDUSTRIAL**

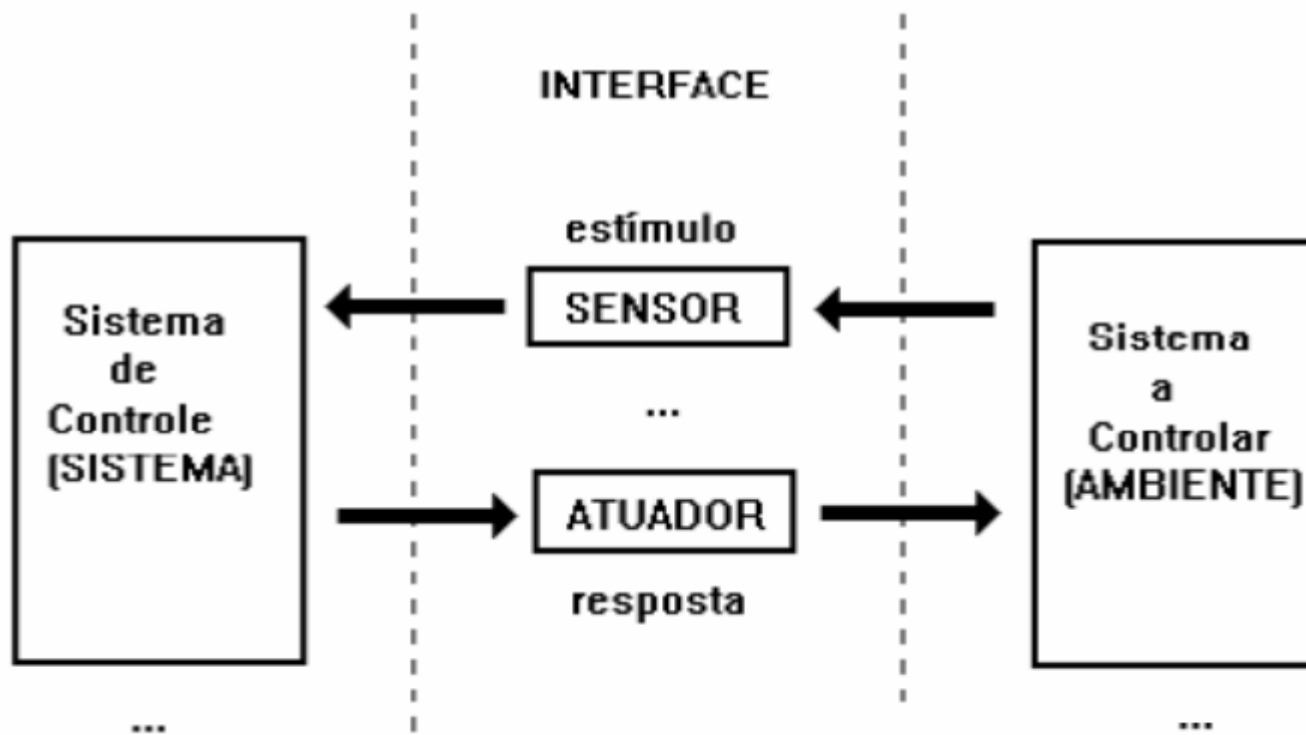
- **Nível de Informação (Nível 2):** é o nível mais elevado, o qual é destinado a um computador central que processa o escalonamento da produção da planta e permite operações de monitoramento estatístico da planta sendo implementado, geralmente, por softwares gerenciais (MIS). O padrão Ethernet operando com o protocolo TCP/IP é o mais comumente utilizado neste nível.
- **Nível de controle (Nível 1):** é a rede central localizada na planta incorporando PLCs, DCS e PCs. A informação deve trafegar neste nível em tempo real para garantir a atualização dos dados nos softwares que realizam a supervisão da aplicação.
- **Nível de controle discreto ou de E/S (Nível 0):**, se refere geralmente às ligações físicas da rede ou o nível de I/O. Este nível de rede conecta os equipamentos de baixo nível entre as partes físicas e de controle. Neste nível encontram-se os sensores discretos, contadores e blocos de I/O.

## **PROTOSCOLOS DE ACESSO INDUSTRIAIS**

As redes de difusão apresentam aspectos interessantes que as tornam uma solução bastante adequada aos requisitos de comunicação industrial. Um problema importante na utilização das redes de difusão é o método de acesso ao meio (que é compartilhado) pois, uma vez que vários equipamentos deverão trocar informações num dado instante, a decisão de quem vai ter o direito de uso do meio para o envio de uma mensagem não é uma tarefa evidente, como será visto nesta seção. Os protocolos de acesso ao meio tem papel fundamental no tempo de entrega de uma mensagem via rede. Como veremos a seguir, este tempo é importante para aplicações com características de tempo real.

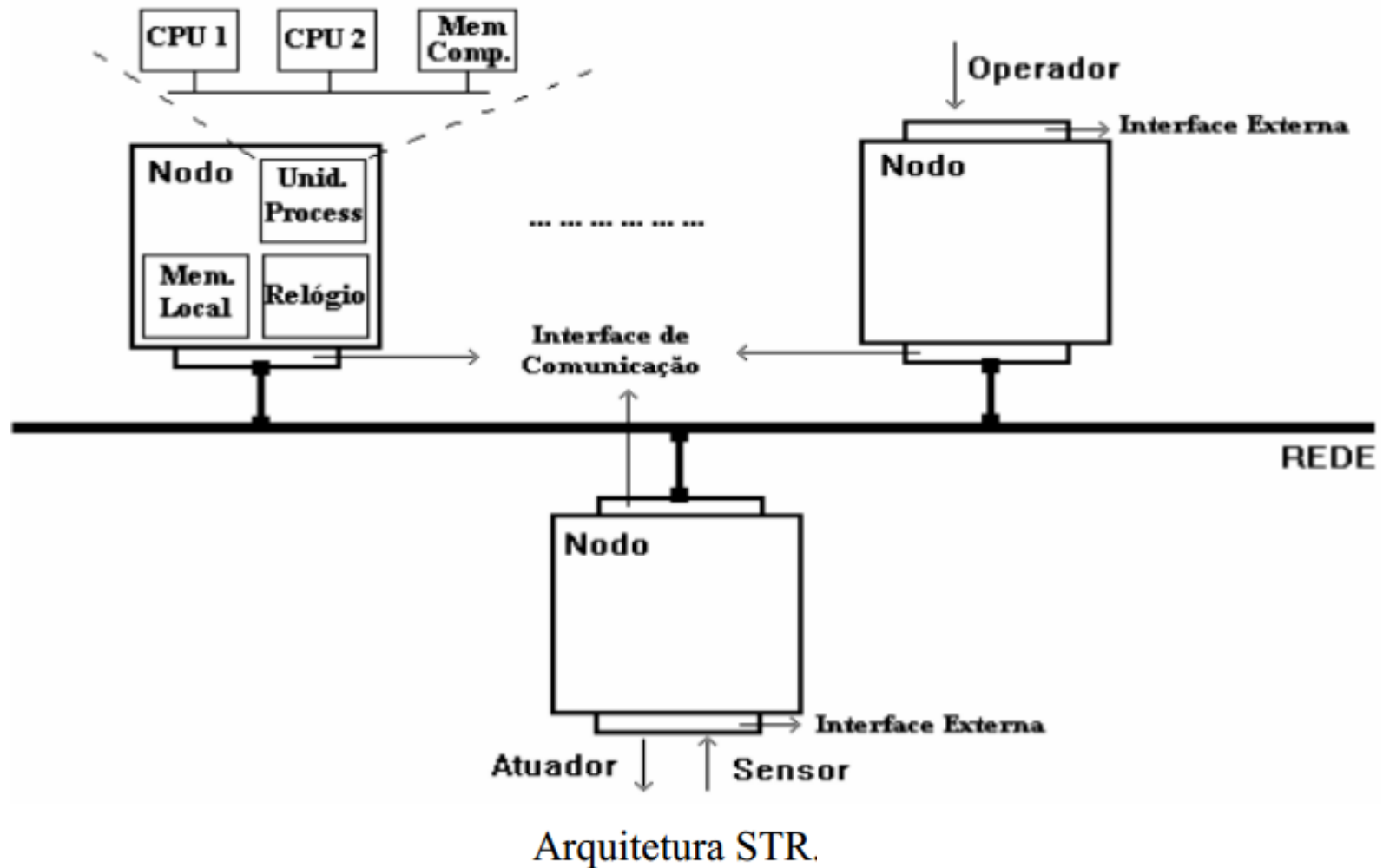
Aplicações Industriais freqüentemente requerem sistemas de controle e supervisão com características de Tempo-Real. Um Sistema Tempo-Real é um sistema computacional para o qual é requerida uma reação a estímulos (físicos ou lógicos) oriundos do ambiente dentro de intervalos de tempo impostos pelo próprio ambiente (Figura 3.2). A correção não depende somente dos resultados lógicos obtidos, mas também do instante no qual são produzidos.

## PROTOCOLOS DE ACESSO INDUSTRIAIS



Sistema de Controle em Tempo-Real.

# PROTOCOLOS DE ACESSO INDUSTRIAIS



STR = Sistema de Controle em Tempo Real



## PROTÓCOLOS DE ACESSO INDUSTRIAIS

Em aplicações tempo real, é importante poder determinar o comportamento temporal do sistema de comunicação envolvido. As *mensagens* em sistemas de tempo real podem ter restrições temporais associadas e podem ser classificadas em:

- **Periódicas:** tem que ser enviadas em intervalos conhecidos e fixos de tempo. Ex.: mensagens ligadas a malhas de controle.
- **Esporádicas:** mensagens sem período fixo, mas que tem intervalo de tempo mínimo entre duas emissões consecutivas. Ex.: pedidos de status, pedidos de emissão de relatórios.
- **Aperiódicas:** tem que ser enviadas a qualquer momento, sem período nem previsão. Ex.: alarmes em caso de falhas.

## **PROTOCOLOS DE ACESSO INDUSTRIAIS**

Dentre os protocolos que atendem às exigências de comportamento temporal mencionadas, merecem destaque os seguintes protocolos:

- ❖ **CSMA/NBA** - Carrier Sense Multiple Access with Non Destructive Bitwise Arbitration
- ❖ **CTDMA** – Concurrent Time Domain Multiple Access
- ❖ **CSMA/CD** – Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection

# **PROCOLOS DE ACESSO INDUSTRIAIS**

## **CSMA/NBA**

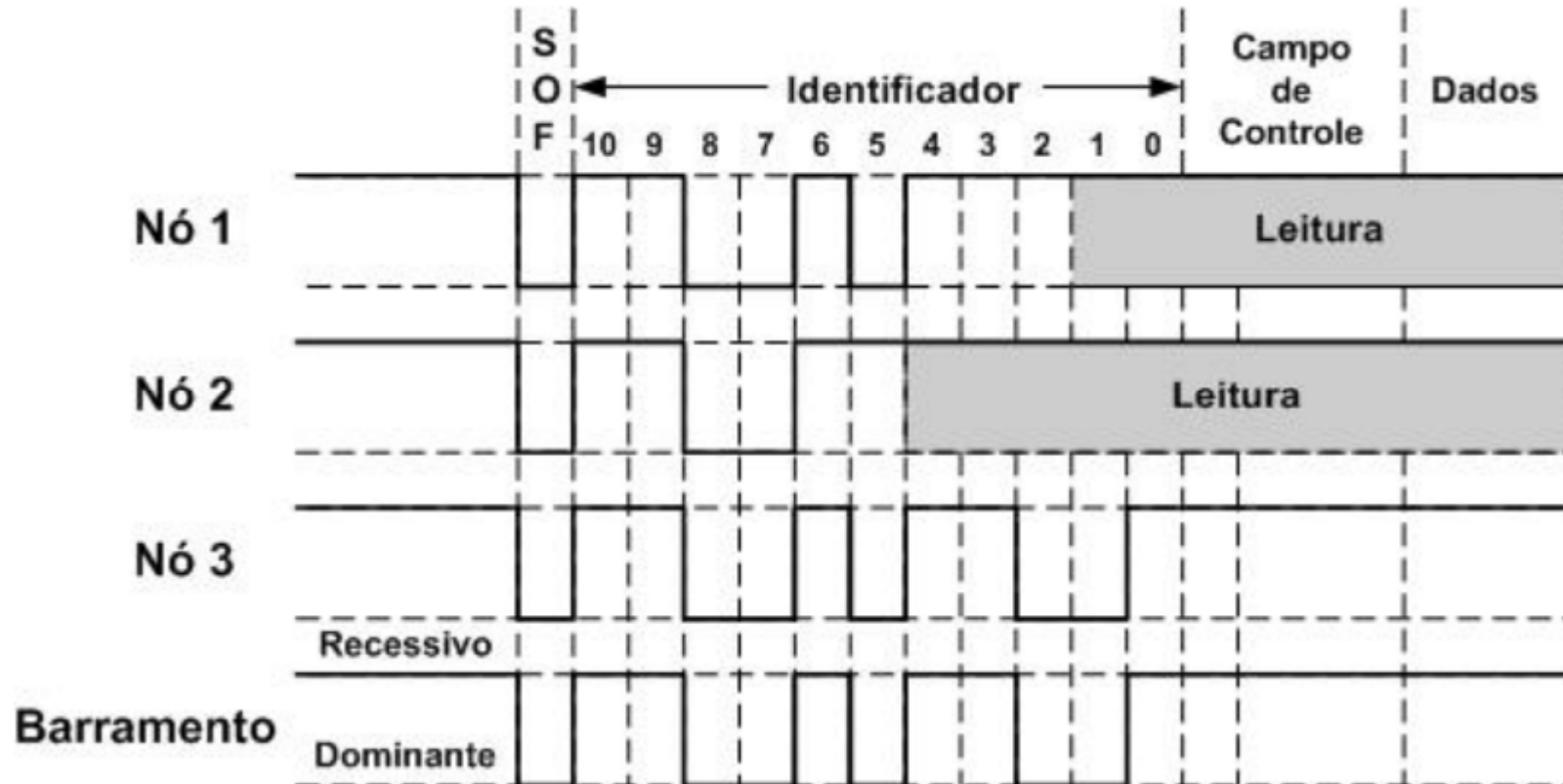
Através deste protocolo qualquer nó pode acessar o suporte de comunicação quando este se encontrar livre. Caso haja contenção (disputa), ocorrerá arbitragem bit a bit baseada na prioridade da mensagem que é função de um identificador (precedência) de pacote de 11 bits.

Cada nó inicia um processo de transmissão e escuta o meio para conferir bit a bit se o dado enviado é igual ao dado recebido. Os bits do campo identificador com um valor dominante sobrescrevem os bits com um valor recessivo, de acordo com a seguinte precedência: o bit “0” é dominante sobre o bit “1”. Qualquer transmissor pode acionar o barramento no estado dominante. O barramento pode estar no estado recessivo quando nenhum transmissor estiver no estado dominante. Se um nó que transmite um bit recessivo recebe um bit dominante enquanto envia o campo de arbitragem, ele pára de transmitir. Logo, o vencedor de uma arbitragem entre dois nós transmitindo simultaneamente é o com o menor número do identificador.

Vale ressaltar que, dois nós jamais poderão apresentar o mesmo identificador.

# PROTOCOLOS DE ACESSO INDUSTRIAIS

## CSMA/NBA

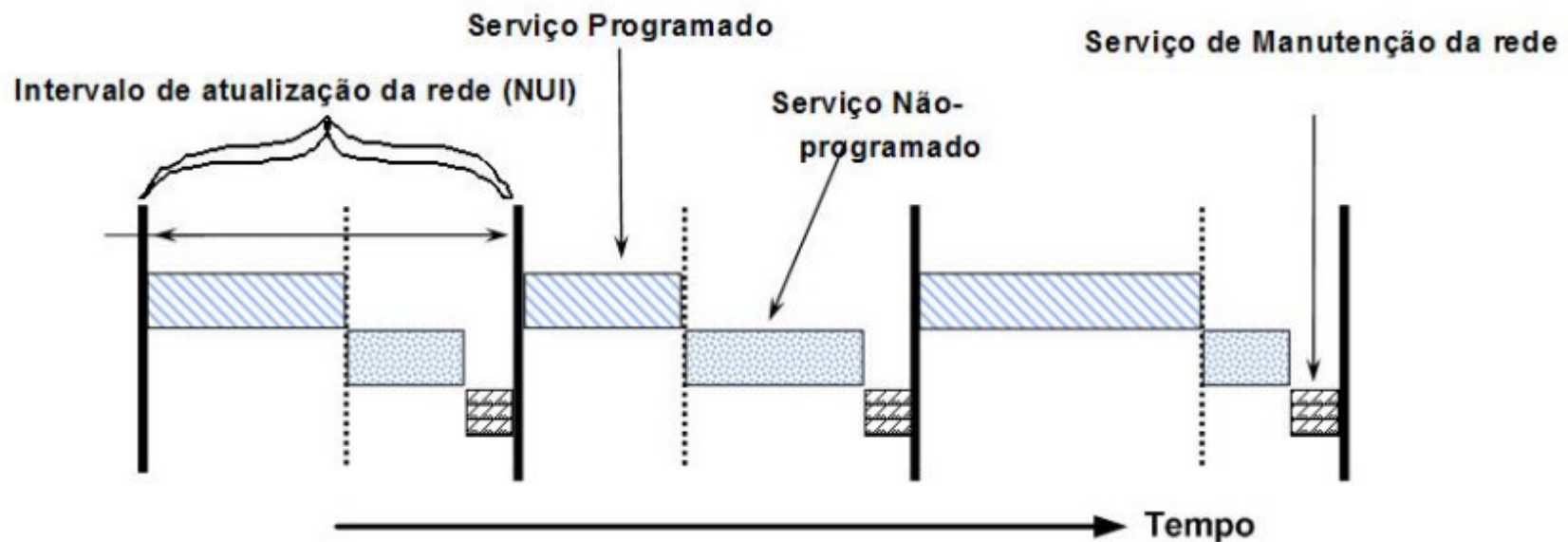


CSMA/NBA

# PROTOCOLOS DE ACESSO INDUSTRIAIS

## CTDMA

Este protocolo possui dois tipos de serviço, o serviço programado e o não programado. O serviço programado permite que cada nó configurado tenha o seu momento para transmitir em cada intervalo. O serviço não-programado tem início com um nó diferente em cada intervalo. Durante o intervalo cada nó pode realizar diferentes acessos a rede dependendo da carga da rede.



CTDMA

# PROCOLOS DE ACESSO INDUSTRIAIS

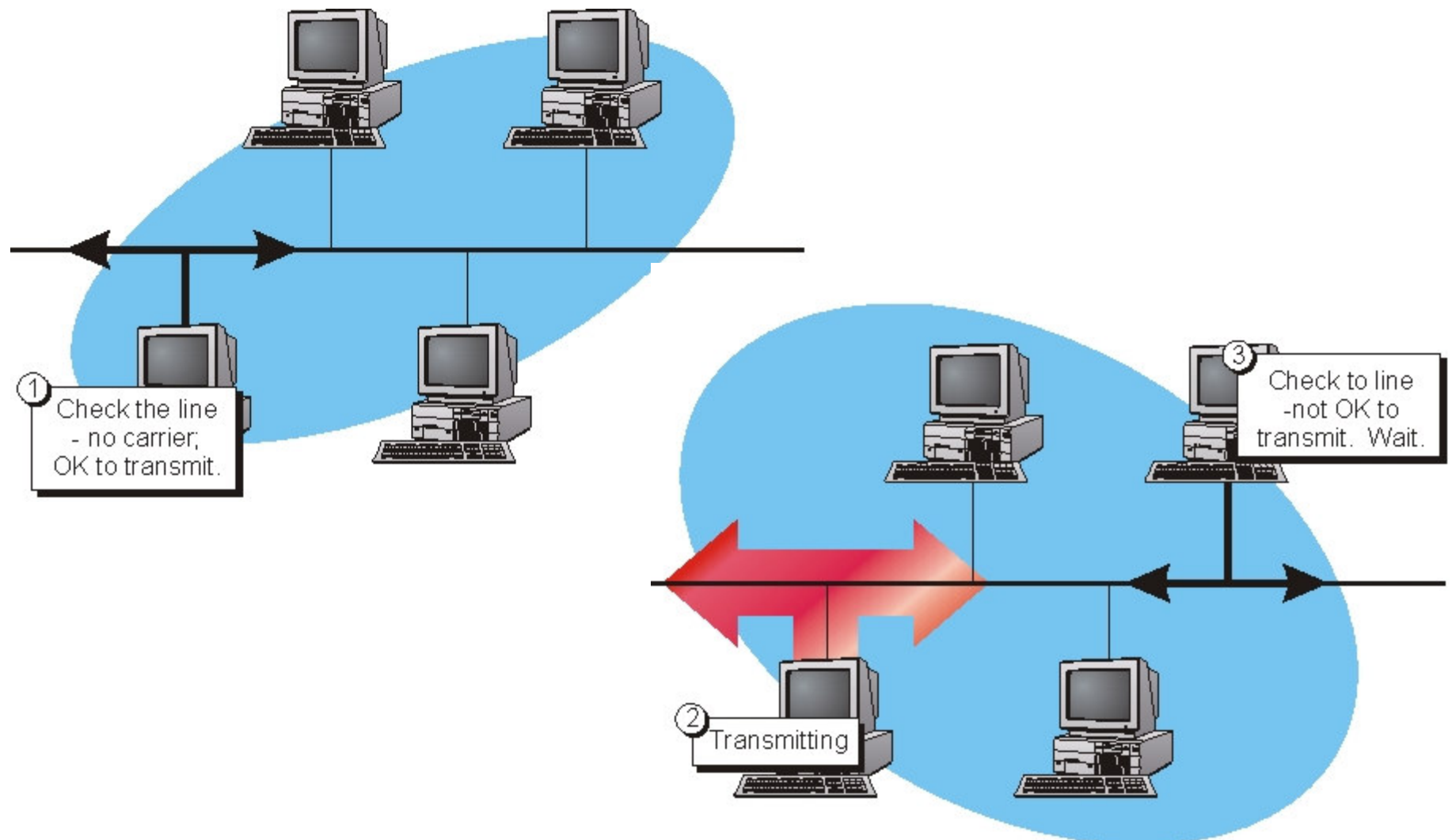
## CSMA/CD

O protocolo CSMA/CD (*Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection*) é um protocolo baseado no princípio de que cada estação poderia detectar, antes da emissão, o estado de conflito com outras estações da rede, evitando assim a emissão do quadro considerado.

Muito utilizado nas redes locais, no protocolo CSMA/CD, que foi proposto originalmente pelos criadores da rede Ethernet, quando mais de uma estação esta pronta para emitir uma mensagem com o meio livre, estas emitem o quadro, o que vai gerar uma colisão. A primeira estação que detectar a colisão interrompe imediatamente a sua transmissão, reiniciando o processo todo após a expiração de um período de tempo aleatório, de forma a tornar improvável a ocorrência de uma nova colisão. Para detectar a colisão, a estação emissora deve escutar aquilo que ela mesma colocou no meio (ao menos a primeira palavra de código enviada deve ser escutada pela própria estação emissora).

# PROTOCOLOS DE ACESSO INDUSTRIAIS

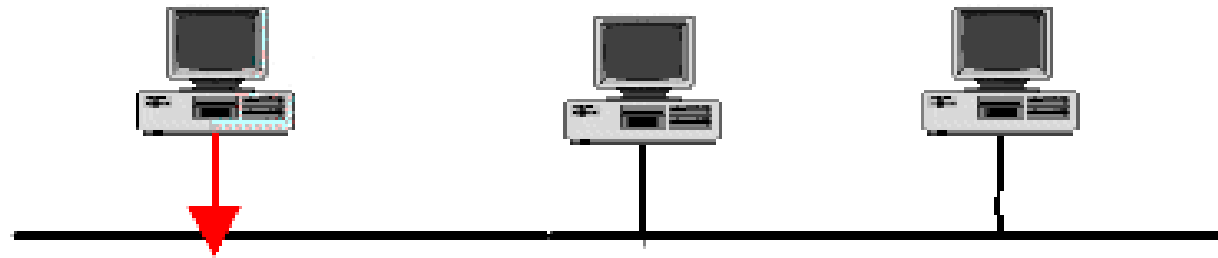
## CSMA/CD



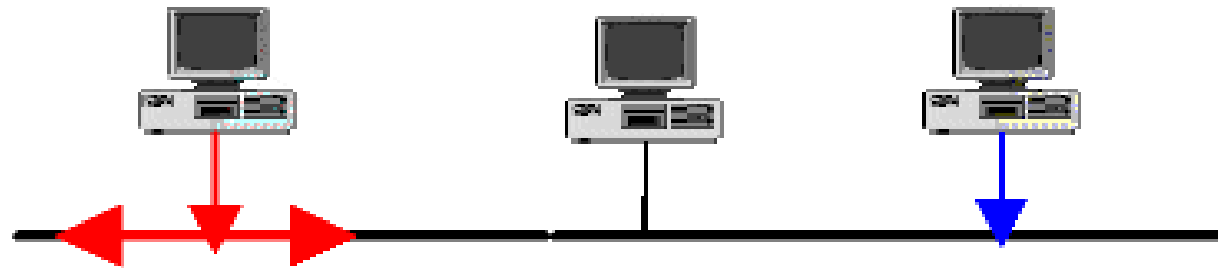
# PROTOCOLOS DE ACESSO INDUSTRIAIS

## CSMA/CD

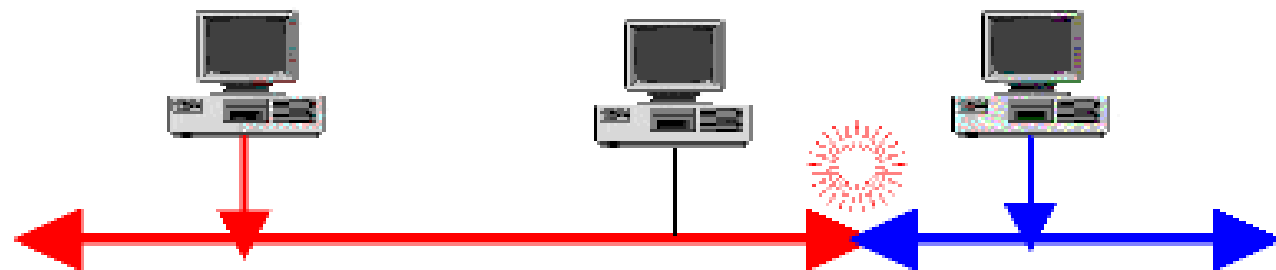
CARRIER  
SENSE



MULTIPLE  
ACCESS



COLLISION  
DETECTION

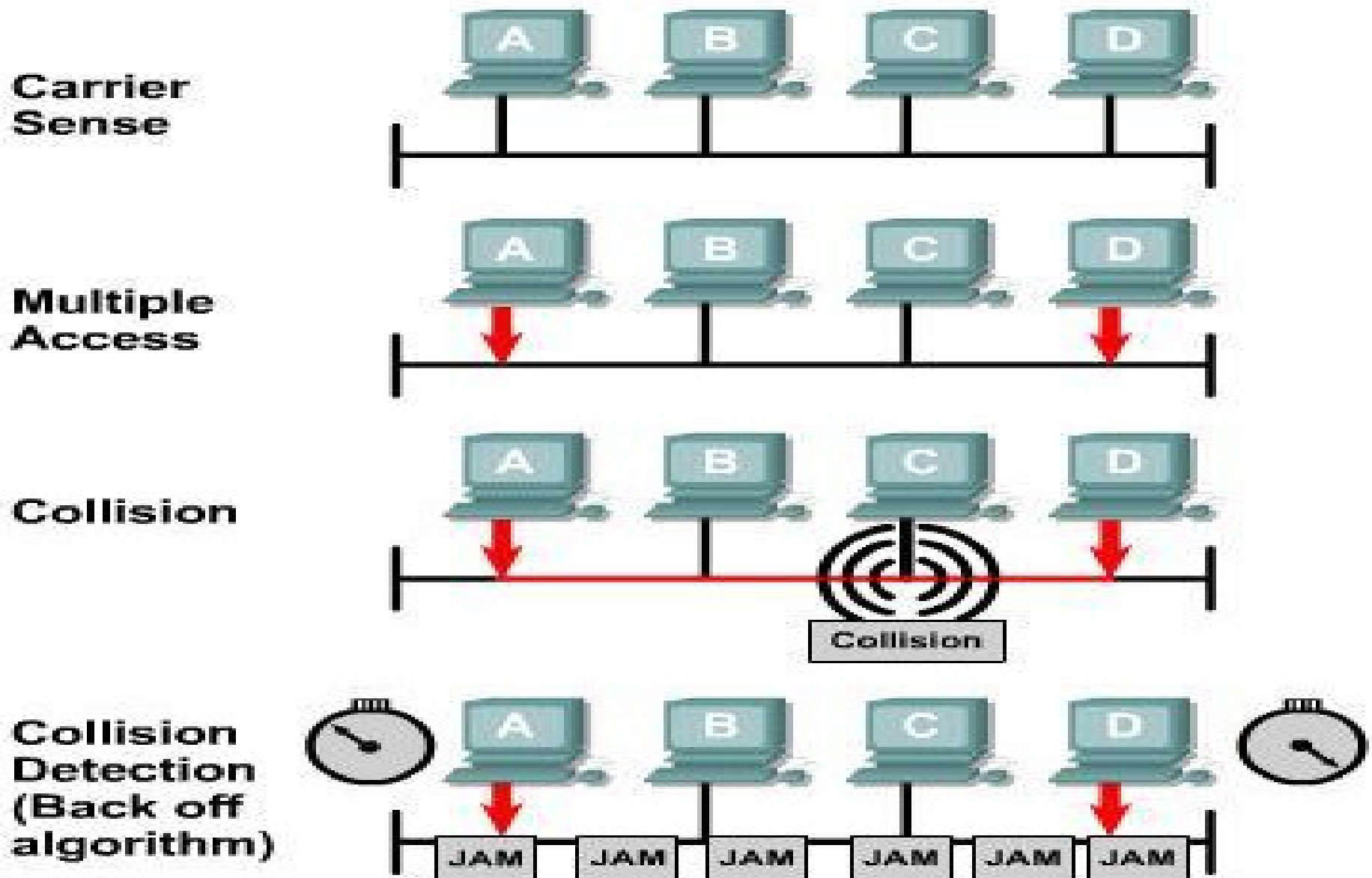


CSMA/CD



# PROTOCOLOS DE ACESSO INDUSTRIAIS

## CSMA/CD



## **MODELOS DE REDES INDUSTRIAS**

**As redes industriais suportam dois modelos principais na modelagem de suas topologias:**

### **☐ Fonte / Destino**

➤ **Mestre / Escravo**

➤ **Peer-to-Peer**

### **☐ Produtor / Consumidor**

➤ **Multi-Mestre**

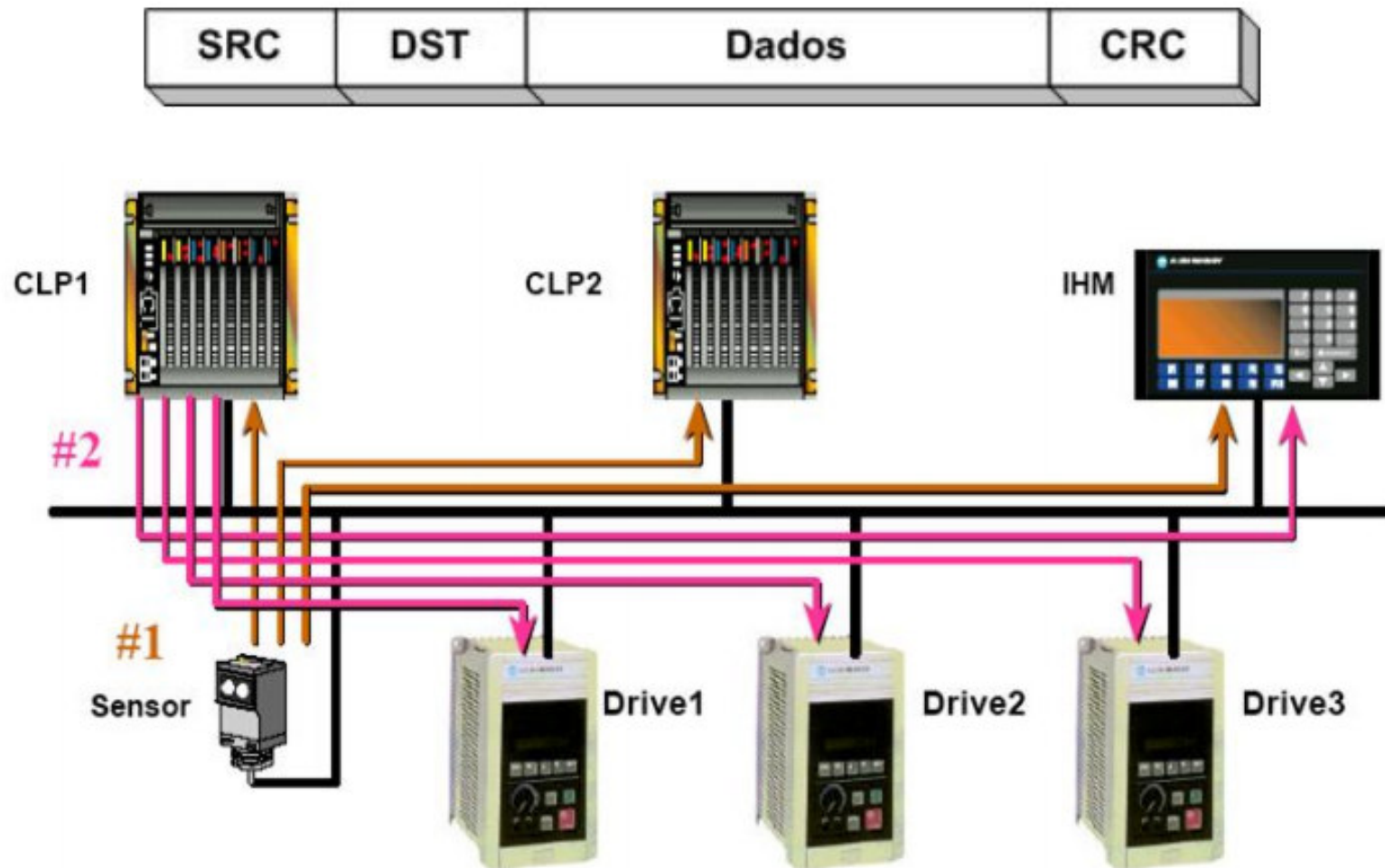
➤ **Mudança de Estado do Dado**

➤ **Cíclico**

## MODELOS DE REDES INDUSTRIAS

### FONTE/DESTINO

Neste modelo as informações são trocadas entre dispositivos endereçados, ou seja, os quadros de dados necessitam dos endereços fonte e destino, como mostra a Figura 3.6.



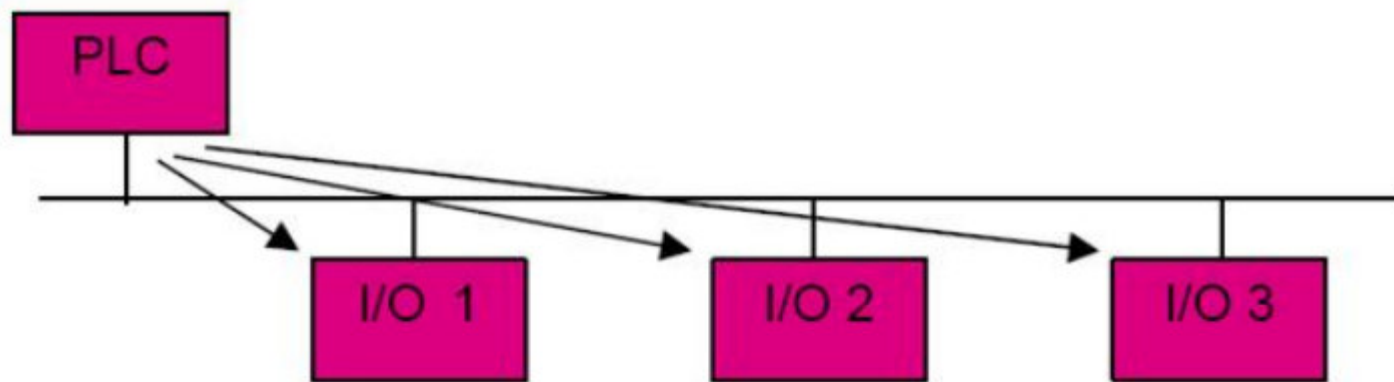
SRC - System Resource Controller

Modelo Fonte/Destino.

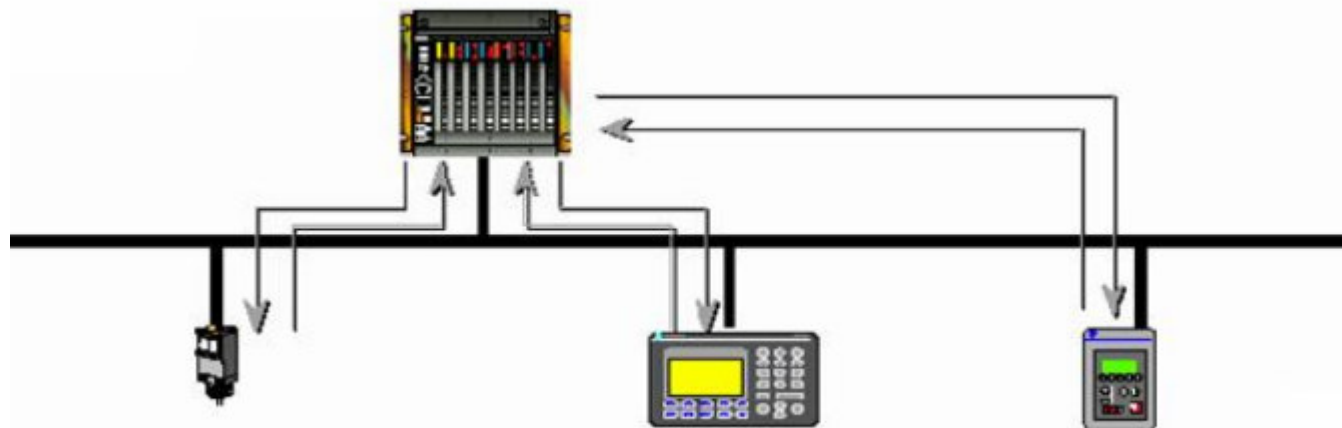
## MODELOS DE REDES INDUSTRIAS

### Mestre/Escravo

O PLC ou scanner possui a função de mestre e realiza um polling dos dispositivos de E/S ditos escravos. Os escravos somente respondem às interrogações do mestre. Neste sistema o mestre é fixo, existindo apenas um mestre por rede.



(a)



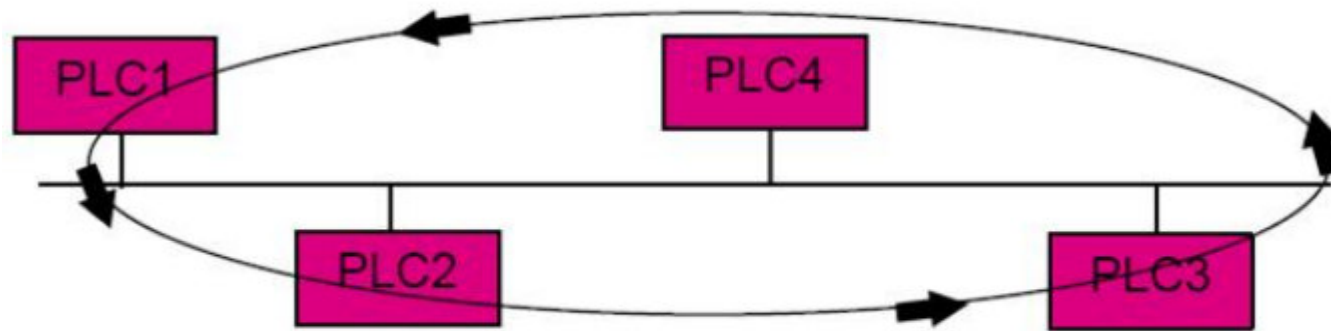
(b)

Modelo Mestre/Escravo.

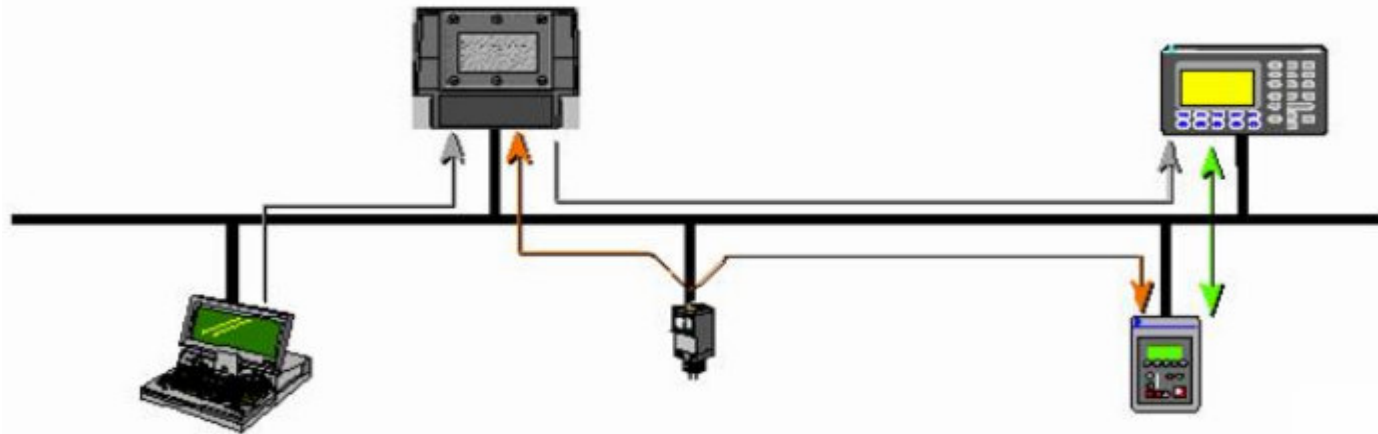
## MODELOS DE REDES INDUSTRIAS

### Peer-to-Peer

Redes peer-to-peer não possuem um mestre fixo, ou seja, nenhum dispositivo possui a princípio prioridade sobre os demais. Cada nó tem o direito de gerar mensagens para a rede, quando de posse de uma permissão (token). O mecanismo de passagem de token pode ser baseado na posição do nó no anel virtual ou definido por um mecanismo de prioridades.



(a)



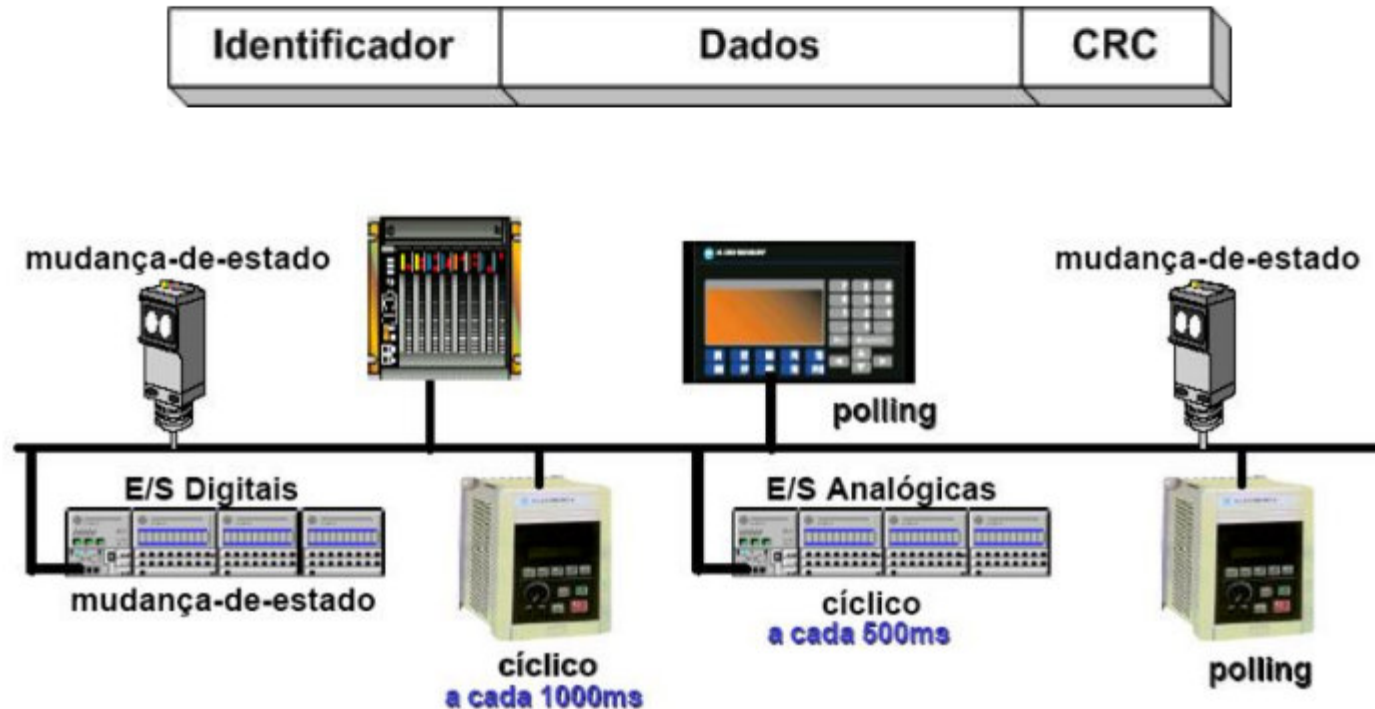
(b)

Modelo Peer-to-Peer.

# MODELOS DE REDES INDUSTRIAS

## PRODUTOR/CONSUMIDOR

Neste paradigma os dados são identificados pelo seu conteúdo. A mensagem não necessita explicitar os endereços fonte e destino dos dados. Também não existe o conceito de mestre. Qualquer nó (dispositivo) pode iniciar um processo de transmissão. Vale ressaltar que, este paradigma permite também a utilização dos modelos apresentados anteriormente.



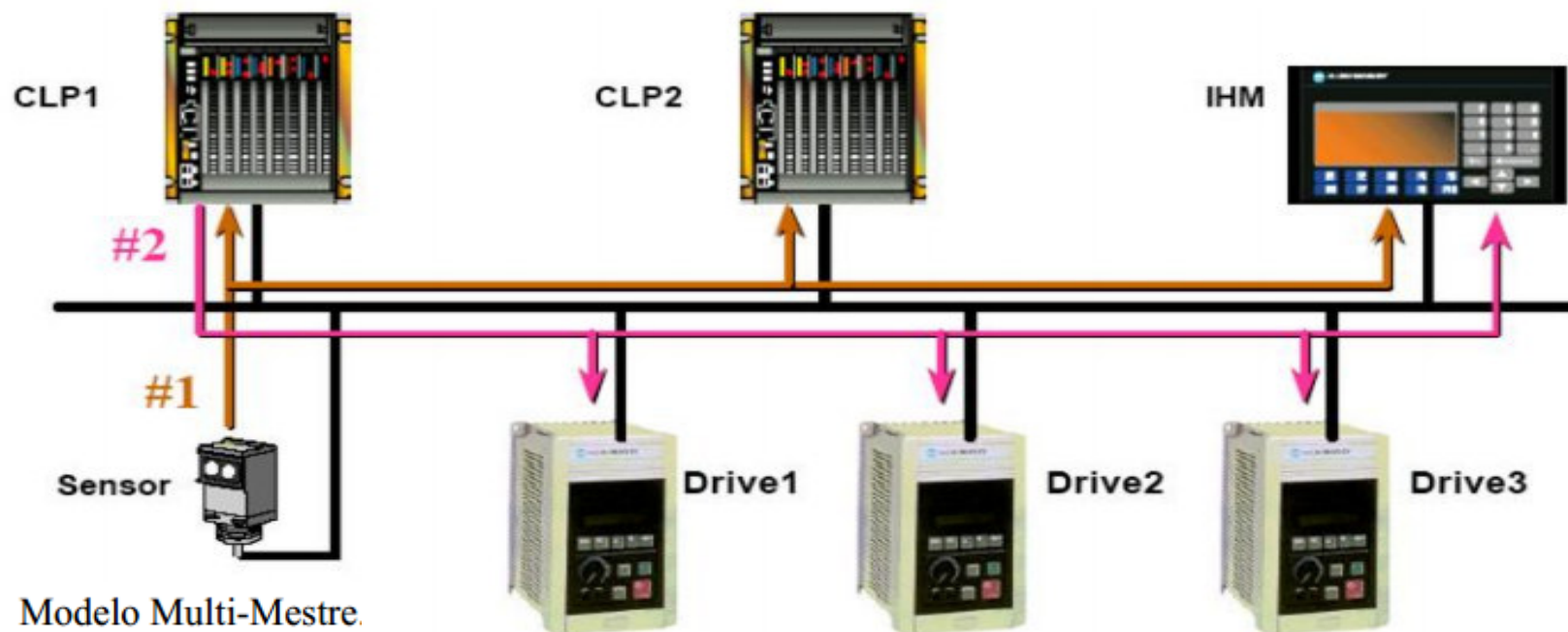
Modelo Produtor/Consumidor.

# MODELOS DE REDES INDUSTRIAS

## Multi-Mestre

Neste modelo uma mensagem pode alcançar diversos destinatários simultaneamente. Na Figura abaixo temos um exemplo com a troca de duas mensagens:

- Mensagem #1
  - A referência de posição do sensor é transmitida em multicast aos dispositivos CTRL1, 2 e HMI.
- Mensagem #2
  - O comando de velocidade do CTRL1 é transmitido simultaneamente aos três drives e ao HMI.

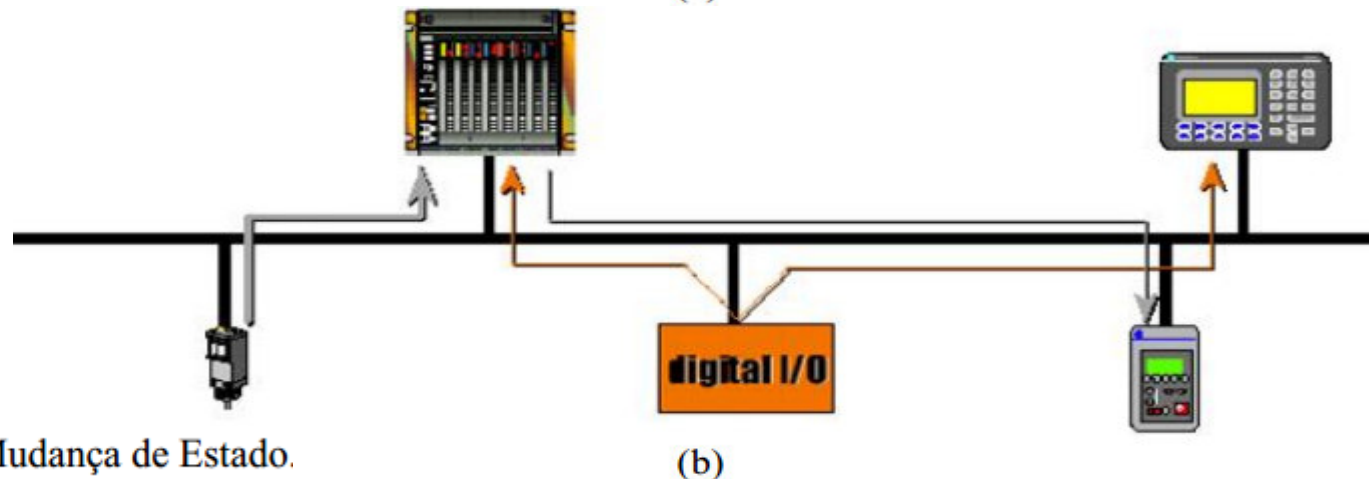
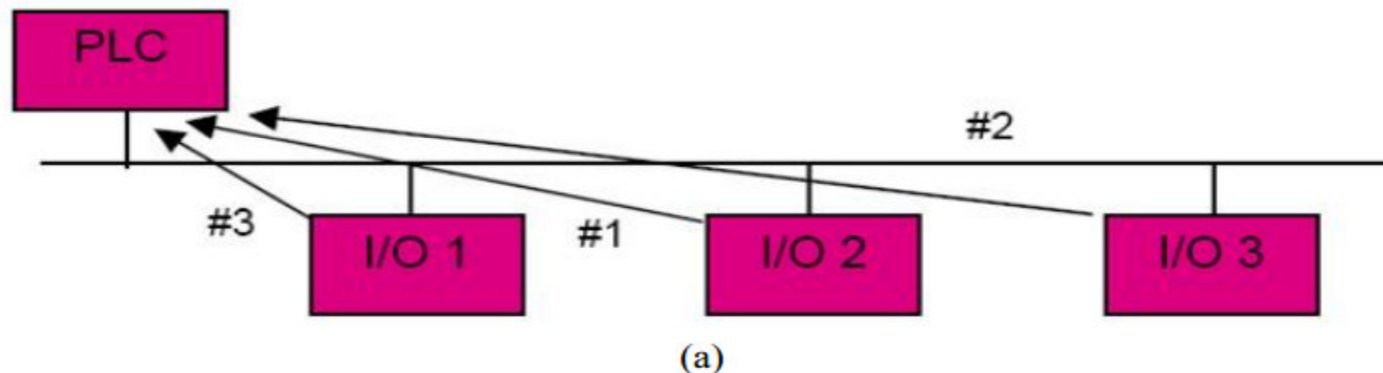


## MODELOS DE REDES INDUSTRIAS

### Mudança de Estado

Neste modelo os dispositivos relatam mudanças de estados. Logo, ao invés de termos um mestre realizando a leitura cíclica de cada dado, os dispositivos de campo enviam os dados ao mestre quando houver variação de um valor em uma variável. Como consequência o tráfego na rede é reduzido e o desempenho ampliado.

Também é possível configurar uma mensagem de *heart beat*. O dispositivo envia uma mensagem quando um dado variou ou quando o sistema ficar sem comunicação por um período de tempo determinado. Desta forma, sabe-se que o dispositivo está ativo ou não.



Modelo Mudança de Estado.



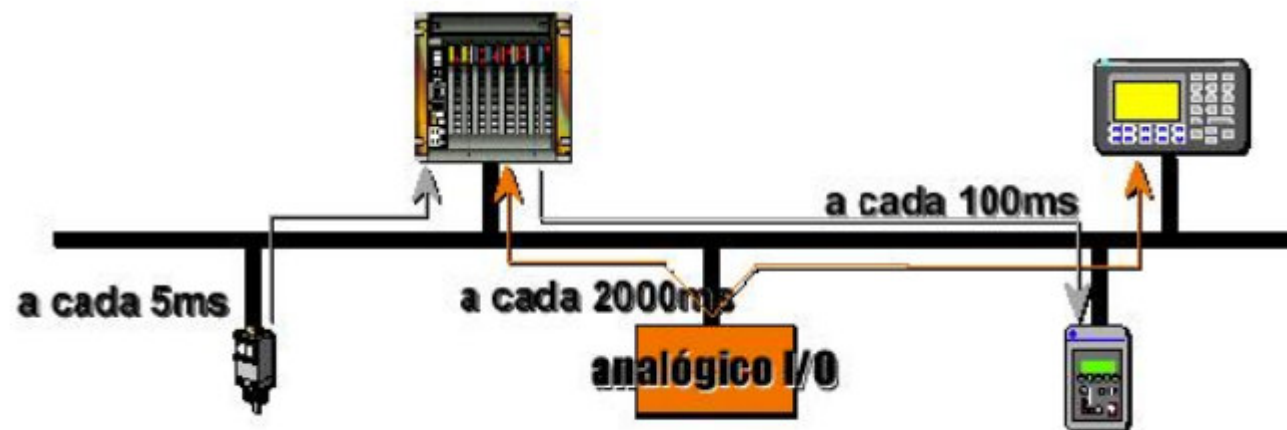
## MODELOS DE REDES INDUSTRIAS

### Cíclico

Os dispositivos de campo atualizam o mestre periodicamente em bases de tempo pré-estabelecidas, ou seja, os dispositivos relatam dados em intervalos de tempo configurados pelo usuário.

Tal modelo apresenta-se extremamente adequado à aplicações com pequena variação de E/S analógica, uma vez que o tráfego na rede é reduzido.

O modo de operação deste modelo permite ainda a implementação dos modelos mudança de estado e produção cíclica, os quais são configuráveis nó a nó.



Modelo Cíclico

Vale ressaltar que, nestes dois últimos tipos de mensagens o consumidor deve enviar um ACK ao produtor.

## **CONFIABILIDADE**

Em aplicações industriais onde são transmitidos muitos códigos de comando, leitura de medidores e comando de atuadores, um erro de um Bit qualquer pode ter conseqüências desastrosas. A transferência de programas para máquinas de Comando Numérico, por exemplo, exige um sistema altamente confiável, pois são transmitidos códigos de comando cuja mínima alteração pode produzir danos de elevado custo. Desta forma, redes industriais de comunicação tem que oferecer uma elevada confiabilidade.

Para aumentar esta confiabilidade nas mensagens transmitidas, normalmente é usado um teste cíclico de redundância (CRC - *Cyclic Redundance Check*), já visto na Unidade 2.

Em sistemas que necessitem de uma operação contínua, pode ser utilizado um meio de transmissão e estações de controle redundantes. Além disso, os cabos utilizados em geral são blindados.

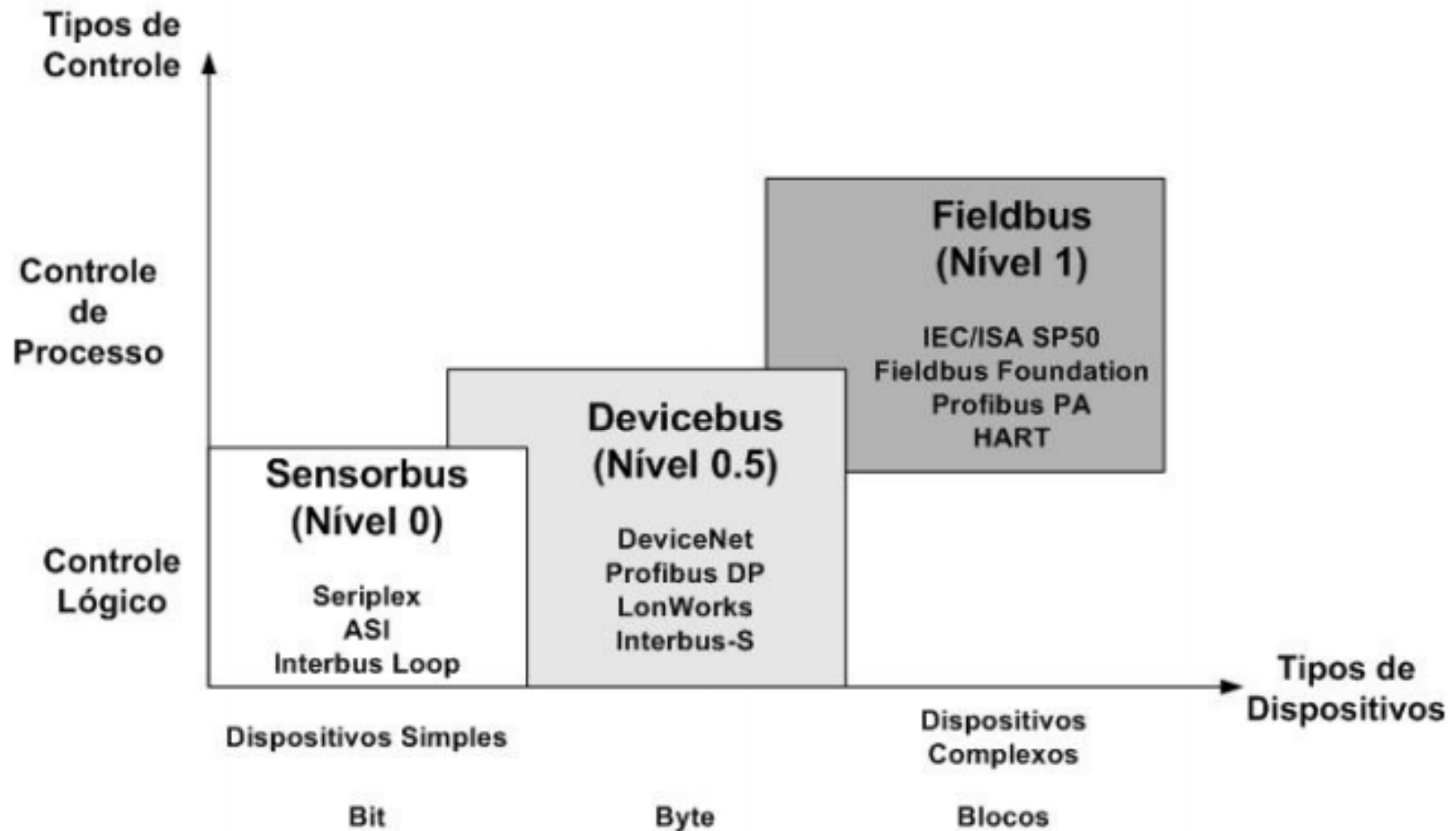
## CLASSIFICAÇÃO DAS REDES INDUSTRIAIS

As redes de equipamentos são classificadas pelo tipo de equipamento conectado a elas e o tipo de dados que trafega pela rede. Os dados podem ser bits, bytes ou blocos. As redes com dados em formato de bits transmitem sinais discretos contendo simples condições ON/OFF. As redes com dados no formato de byte podem conter pacotes de informações discretas e/ou analógicas e as redes com dados em formato de bloco são capazes de transmitir pacotes de informação de tamanhos variáveis.

Assim, classificam-se as redes quanto ao tipo de rede de equipamento e os dados que ela transporta como:

- Redes de campo efetivas
  - DeviceBus
  - FieldBus
  
- Redes de campo de nível mais baixo
  - SensorBus

# CLASSIFICAÇÃO DAS REDES INDUSTRIAIS



Classificação das Redes.

**Rede de difusão é toda aquela rede onde os pacotes são distribuídos a todas as estações, sendo que a estação deve escolher, entre todos os pacotes que recebe, quais são os pacotes endereçados a ela.**

São um contraponto às redes Ponto-a-ponto (\*), onde os pacotes são entregues única e diretamente à estação de destino.

Os principais exemplos são as redes de rádio-pacote, como as Wireless LANs e as redes "Aloha", a rede Ethernet e suas derivadas (FastEthernet, Gigabit Ethernet, IEEE 802.3 e IEEE 802.4).

A principal característica da rede de difusão é que todas as estações ligadas a ela compartilham o meio de comunicação. Isso pode gerar problemas como a situação onde duas ou mais estações tentam enviar mensagens ao mesmo tempo, chamada "colisão". Quando uma colisão acontece, a mensagem sendo transmitida é perdida. Cada uma dessas redes tem uma forma de tratar das colisões, ou de evitá-las.

A estratégia mais simples é a usada pela rede "Aloha": simplesmente deixar elas ocorrerem, e apoiar-se nas camadas superiores da rede, que, com a perda da mensagem, são obrigadas a retransmití-lo --- uma hora a mensagem acaba "conseguindo passar". Note que essa retransmissão pode gerar novas colisões.

**Já a rede Ethernet usa um protocolo chamado CSMA/CD (Carrier Sense, Multiple Access with Collision Detection). Por "Carrier Sense" (Detecção de portadora), entende-se que uma estação sabe identificar quando outra está transmitindo, e evita iniciar uma transmissão nesse meio tempo. Por "Multiple Access", significa que todas as estações usam o mesmo meio (caracterizando a rede por difusão). Por "Collision Detection" (Detecção de colisões) entende-se que se a detecção de portadora falhar --- e sob determinadas circunstâncias ela falha --- e a colisão ocorrer, as estações percebem isso e tomam decisões para decidir qual entre elas irá poder usar o barramento.**

Uma coisa interessante é que é possível usar uma tecnologia de difusão para criar uma rede ponto-a-ponto. Exemplos disso são os links diretos de rádio (usando antenas direcionais), as ligações wireless conhecidas como "AdHoc", e o nosso velho amigo, o cabo ethernet Cross.

(\* Ponto-a-ponto aqui, é usado no sentido original do inglês "Point-to-Point": comunicação direta e exclusiva entre exatamente duas máquinas. Há uma certa confusão no uso do termo "Ponto-a-ponto" em português, por ser uma tradução possível para outro termo inglês ("Peer-to-Peer") que é usado para redes sem um servidor central.