



ATUALIZAÇÃO TECNOLÓGICA EM MECATRÔNICA

REDES INDUSTRIAIS





*Iniciativa da CNI - Confederação
Nacional da Indústria*

ATUALIZAÇÃO TECNOLÓGICA EM MECATRÔNICA

REDES INDUSTRIAIS



CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA – CNI

Robson Braga de Andrade

Presidente

DIRETORIA DE EDUCAÇÃO E TECNOLOGIA

Rafael Esmeraldo Lucchesi Ramacciotti

Diretor de Educação e Tecnologia

SENAI-DN – SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL

Conselho Nacional

Robson Braga de Andrade

Presidente

SENAI – DEPARTAMENTO NACIONAL

Rafael Esmeraldo Lucchesi Ramacciotti

Diretor-Geral

Gustavo Leal Sales Filho

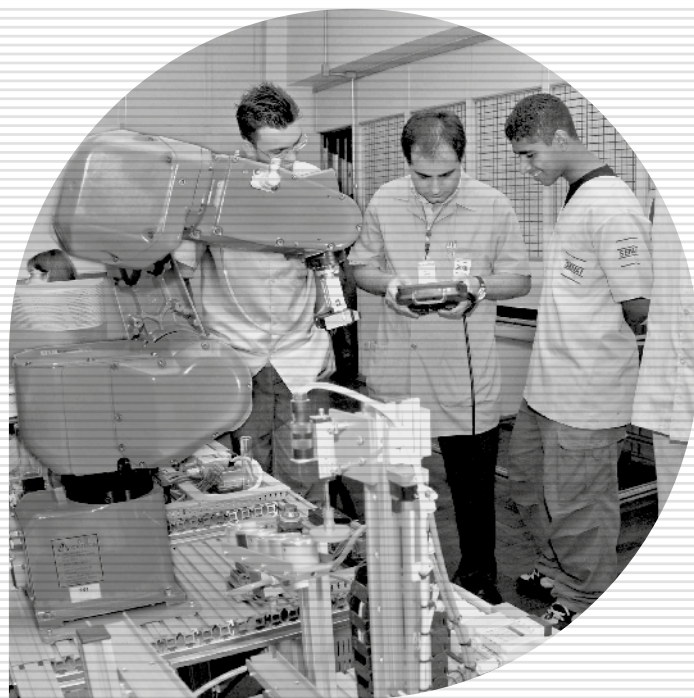
Diretor de Operações



Iniciativa da CNI - Confederação
Nacional da Indústria

ATUALIZAÇÃO TECNOLÓGICA EM MECATRÔNICA

REDES INDUSTRIAIS



© 2014. SENAI – Departamento Nacional

© 2014. SENAI – Departamento Regional do Rio Grande do Sul

A reprodução total ou parcial desta publicação por quaisquer meios, seja eletrônico, mecânico, fotocópia, de gravação ou outros, somente será permitida com prévia autorização, por escrito, do SENAI – Departamento Regional do Rio Grande do Sul.

Esta publicação foi elaborada pela equipe da Gerência de Desenvolvimento Educacional – GDE/Núcleo de Educação a Distância – NEAD, do SENAI do Rio Grande do Sul, com a coordenação do SENAI Departamento Nacional, para ser utilizada por todos os Departamentos Regionais do SENAI nos cursos presenciais e a distância.

SENAI Departamento Nacional
Unidade de Educação Profissional e Tecnológica – UNIEP

SENAI Departamento Regional do Rio Grande do Sul
Gerência de Desenvolvimento Educacional – GDE/Núcleo de Educação a Distância – NEAD

S491 Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial. Departamento Nacional
Redes Industriais/ Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial. Departamento Nacional, Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial. Departamento Regional do Rio Grande do Sul. – Porto Alegre: SENAI-RS, 2014.
39 p.: il. (Atualização Tecnológica em Mecatrônica).

1. Mecatrônica 2. Redes industriais I. Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial - Departamento Regional do Rio Grande do Sul. II. Título. III. Série

CDU – 681.51

Responsável pela Catalogação na Fonte: Enilda Hack –CRB10/599

SENAI
Serviço Nacional de
Aprendizagem Industrial
Departamento Nacional

Sede
Setor Bancário Norte . Quadra 1 . Bloco C . Edifício Roberto
Simonsen . 70040-903 . Brasília – DF . Tel.: (0xx61)3317-9190
<http://www.senai.br>

Sumário

1	Introdução	7
2	Camadas e Níveis das Redes Industriais.....	8
2.1	Modelo OSI (<i>Open Systems Interconnection</i>)	8
2.1.1	Camada física	9
2.1.2	Camada de enlace	9
2.1.3	Camada de rede	9
2.1.4	Camada de transporte	10
2.1.5	Camada de sessão	10
2.1.6	Camada de apresentação	10
2.1.7	Camada de aplicação.....	10
2.2	Vantagens da Utilização da Arquitetura em Camadas	10
2.3	Sistemas Aberto ou Proprietário	11
2.4	Níveis de uma Rede Industrial.....	11
2.4.1	Nível de gestão ou supervisão	11
2.4.2	Nível de controle	12
2.4.3	Nível de campo e de processo	12
2.4.4	Nível de E/S	12
3	Classificação das Redes Industriais	13
3.1	Topologia Física	13
3.1.1	Topologia em anel	14
3.1.2	Topologia em barramento	14
3.1.3	Topologia em estrela.....	14
3.1.4	Topologia em árvore	15
3.1.5	Topologia mista ou híbrida	15
3.2	Modelos de Redes	16
3.2.1	Redes do tipo origem/destino	16
3.2.2	Redes do tipo produtor/consumidor.....	16
3.3	Tipos de Comunicação.....	17
3.3.1	Mestre/escravo	17
3.3.2	Multimestre	18
3.3.3	Ponto a ponto.....	18
3.4	Métodos de Troca de Dados	18
3.4.1	Cíclico	19
3.4.2	Não solicitada (<i>unsolicited</i>)	19
3.4.3	<i>Polling</i>	20
3.5	Modos de Transmissão.....	20
3.5.1	Transmissão paralela.....	20

3.5.2 Transmissão serial	21
3.6 Modos de Ligação.....	22
3.7 Sincronização de <i>Bits</i>	23
3.7.1 Ligação síncrona	23
3.7.2 Ligação assíncrona	23
3.8 Tipo de Comutação	23
3.8.1 Comutação de circuitos.....	23
3.8.2 Comutação de pacotes	24
 4 Protocolos de Comunicação.....	25
4.1 Protocolo <i>Modbus</i>	25
4.1.1 Modo RTU	27
4.1.2 <i>Frame</i> RTU	27
4.2 <i>Profibus</i> (<i>Process Field Bus</i>)	28
4.2.1 Protocolo <i>Profibus</i>	29
4.2.2 Tipos de comunicação	30
4.3 <i>Fieldbus</i> Foundation	31
4.3.1 Arquitetura do sistema	32
4.3.2 Validação de uma rede FF-H1	33
4.4 <i>Ethernet</i> TCP/IP	34
4.4.1 Modelo de comunicação.....	34
4.4.2 Diferentes níveis de aplicação.....	34
4.4.3 Serviços TCP/IP	35
4.4.4 Características físicas	35
4.4.5 Elementos de estruturação da rede	36
 5 Referências.....	38

Introdução

1



Nesse livro, estudaremos as principais características das redes industriais. Os temas abordados serão as camadas e níveis das redes industriais, sua classificação e os protocolos de comunicação mais utilizados no desenvolvimento de sistemas automatizados na área de mecatrônica. Nosso objetivo é fornecer subsídios para integração dos elementos de redes industriais em um sistema automatizado de manufatura.

No primeiro capítulo, conheceremos cada uma das sete camadas que, atualmente, representam o padrão de arquitetura aberta, definido pelo modelo de referência para interconexão de sistemas abertos (*Reference Model for Open Systems Interconnection* - RM OSI) criados pela *International Organization for Standardization* (ISO) e as vantagens de sua utilização. Conheceremos, também, cada um dos quatro níveis das redes industriais, os quais podem ser agrupados hierarquicamente para estabelecer ligações mais adequadas para cada área.

No segundo capítulo, estudaremos a classificação das redes industriais. Aprenderemos a definir e implementar uma rede de comunicação de dados, conforme a topologia, o modelo de rede, o tipo de comunicação, o método de troca de dados, o método de transmissão, o tipo de ligação, bem como a sincronização e a comutação utilizadas. Nosso principal objetivo nesse estudo é a integração entre sistemas de controle e máquinas, que estão distribuídos em diversos elementos, para que possam trabalhar de forma simultânea na supervisão e no controle de vários processos. Além disso, essa integração entre sistemas de controle e máquinas deverá ser feita por meio de uma comunicação rápida e precisa de informações entre computadores, sensores, atuadores, CPs e outros.

No terceiro capítulo, estudaremos os protocolos de comunicação mais utilizados em sistemas mecatrônicos, como *Modbus*, *Profibus* e o *Fieldbus Foundation*. Veremos as suas arquiteturas e as características de cada um desses protocolos, para obtermos eficiência e confiabilidade no sistema produtivo. Também estudaremos o conjunto de protocolos da *Ethernet TCP/IP* e seus níveis de aplicação: *Modbus/TCP*, *EtherNet/IP*, *Foundation Fieldbus High Speed Ethernet* e *Profinet*.

Camadas e Níveis das Redes Industriais

2



Há alguns anos, surgiu uma tendência no mercado que poderia ter levado o setor de redes industriais a uma grande crise. Esse fato foi a diferença de padrões utilizados pelos fabricantes da época, que quase impossibilitou a interconexão entre os sistemas de diversos fabricantes. A solução foi a implantação de um sistema aberto com total interoperabilidade, interconectividade, portabilidade de aplicação e escalabilidade.

A partir desse problema, a *International Organization for Standardization* (ISO) passou a se preocupar com um padrão de arquitetura aberta e baseada em camadas, definindo o modelo de referência para interconexão de sistemas abertos *Reference Model for Open Systems Interconnection* (RM OSI).

Com as atuais perspectivas de crescimento, proporcionadas por vários investimentos e desenvolvimentos do setor industrial, o profissional de mecatrônica é estimulado a buscar novas tecnologias e a estar em constante atualização. Um dos temas de grande importância nesse cenário é aplicação do conhecimento sobre redes industriais e suas respectivas camadas e níveis.



VOCÊ SABIA?

O termo genérico “rede” define um conjunto de entidades (objetos, pessoas etc.) que estão interligados uns aos outros. Uma rede permite circular elementos materiais ou imateriais entre cada uma destas entidades, de acordo com regras bem definidas.

2.1 MODELO OSI (*OPEN SYSTEMS INTERCONNECTION*)

No início da década de 1980, a ISO aprovou um modelo de arquitetura para sistemas abertos, com o intuito de padronizar e permitir a interconectividade entre máquinas. Denominado *Open Systems Interconnection* (OSI), esse modelo define normas gerais para a construção de redes de computadores. Dividido em sete camadas, o modelo serve de base para a implementação de qualquer tipo de rede, curta, média ou de longa distância. Observe as camadas do modelo OSI na Figura 1.

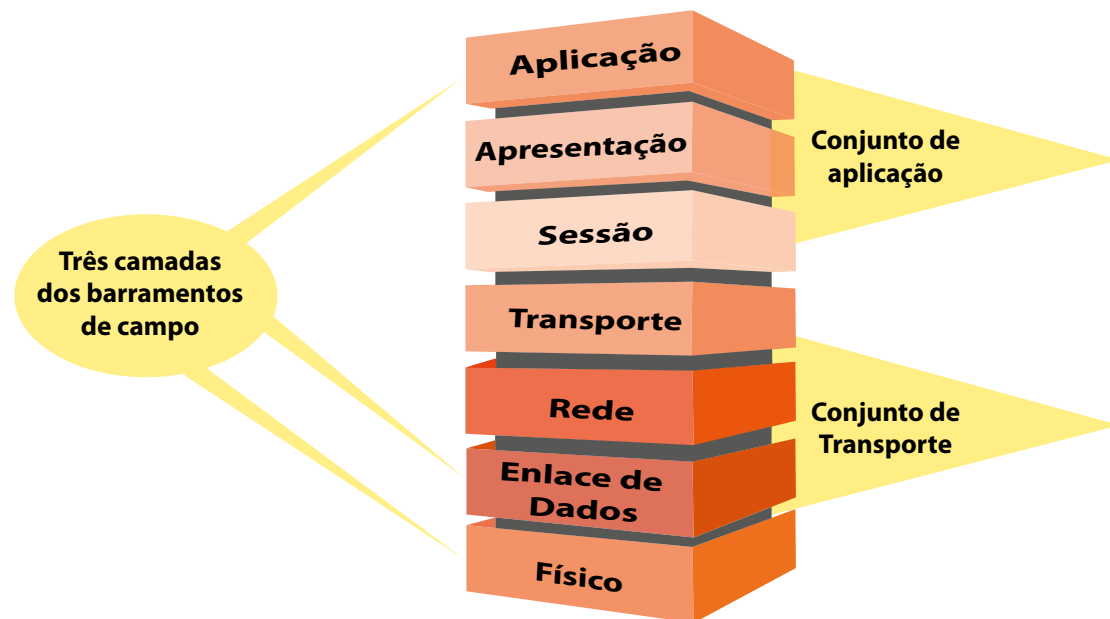


Figura 1 - Camadas modelo OSI.
Fonte: SENAI-RS.



VOCE SABIA?

Na década de 1980, a empresa GM desenvolveu um padrão para a automação fabril, batizado como *Manufacturing Automation Protocol* (MAP), com o objetivo de fazer a interconexão de múltiplas redes locais (terminais, recursos computacionais, dispositivos programáveis) e a conexão de redes de longa distância. A arquitetura MAP segue os princípios do modelo OSI e da ISO.

2.1.1 CAMADA FÍSICA

A camada física codifica a informação e a transfere pelo meio físico, estabelecendo as características elétricas da transmissão (velocidade, níveis de sinais e propriedades mecânicas e elétricas dos conectores). Define o meio físico que transporta o sinal entre os equipamentos, os circuitos e as regras para a modulação do sinal nesse meio físico.

2.1.2 CAMADA DE ENLACE

Depois de codificados os dados pela camada física, a camada de enlace transfere as informações de um nó para outro da rede, detectando e corrigindo erros, para que as próximas camadas assumam a transmissão dos dados. A camada de enlace define a forma de acesso dos equipamentos na rede para evitar colisões de dados e garantir a integridade das mensagens que possuam *Cyclic Redundancy Check* ou código CRC.

2.1.3 CAMADA DE REDE

A camada de rede é responsável pelo tráfego de dados. Para essa camada, o MAP utiliza serviços de redes não orientados à conexão. Ela recebe da camada de enlace o endereço físico e converte-o para endereço lógico (baseado no protocolo IP) e, assim, identifica o caminho mais apropriado, mantendo a qualidade de comunicação.

2.1.4 CAMADA DE TRANSPORTE

A camada de transporte, por sua vez, deve garantir a qualidade na entrega e recebimento dos dados. Das cinco classes diferentes para essa camada, estabelecidas pela ISO, a arquitetura MAP optou pela classe 4 que, por ser mais complexa, oferece maior segurança. Essa camada é a responsável pela transferência de uma mensagem de um nó origem para um nó destino de uma forma confiável.

2.1.5 CAMADA DE SESSÃO

Essa camada é responsável em sincronizar e organizar a troca de dados entre as entidades pares. Atualmente, apenas os serviços básicos de início e fim de conexão foram estabelecidos. Além disso, essa camada adiciona marcações nos dados transmitidos. Então, caso haja alguma falha na comunicação, ela poderá ser reiniciada pela última marcação recebida. A especificação MAP pretende seguir as recomendações ISO/IEC 8326 e ISO/IEC 8327.

2.1.6 CAMADA DE APRESENTAÇÃO

A camada de apresentação define o padrão de comunicação entre as duas camadas de aplicação, isto é, se duas redes diferentes precisam se comunicar, a camada de apresentação traduz os dados de uma para outra. A MAP utiliza ANSI para definir as funções básicas (ISO/IEC 8823-1 e ISO/IEC 8824-1) no estabelecimento de conexões e gestão de contextos múltiplos.

2.1.7 CAMADA DE APLICAÇÃO

Essa camada é responsável pela inicialização do sistema, pelo levantamento estatístico e pelo relato de falhas para o usuário. Define a notação das mensagens e a forma como elas devem ser transmitidas (ciclicamente, imediatamente, apenas uma vez, ou quando solicitado pelo consumidor). O gerenciamento das mensagens é também de responsabilidade do grupo que está definindo essa camada.

2.2 VANTAGENS DA UTILIZAÇÃO DA ARQUITETURA EM CAMADAS

A utilização da arquitetura em camadas apresenta duas vantagens práticas, são elas:

- independência das camadas: a camada (N) apenas utiliza os serviços da camada (N-1), independentemente de seu protocolo;
- redução da complexidade de desenvolvimento por meio de abstrações: na arquitetura hierárquica, a camada (N) utiliza apenas as camadas (N-1), prestadoras de determinados serviços, e a camada (N+1) que lhe requisita os serviços. A camada (N) não reconhece as camadas (N ± 2), (N ± 3) e, assim, sucessivamente.

2.3 SISTEMAS ABERTO OU PROPRIETÁRIO

Atualmente, existem dois tipos de sistemas. Os sistemas que se comunicam em redes com protocolos abertos, que são redes utilizadas por diferentes fabricantes, e os sistemas em redes com protocolos proprietários, que são redes utilizadas apenas pelo seu fabricante.

Na indústria, devemos utilizar, preferencialmente, um sistema aberto, pois possui diversas vantagens, tais como:

- acesso mais rápido a novas tecnologias com menor custo, gerando economia na fabricação de produtos baseados em uma plataforma padrão;
- redução de investimentos em novas máquinas, já que os sistemas e os *softwares* de aplicação são portáteis para os vários tipos de máquinas existentes;
- liberdade de escolha entre soluções de diversos fabricantes.



VOCÊ SABIA?

Atualmente, no mercado de controladores programáveis, todos os equipamentos são oferecidos com um protocolo aberto incorporado. Geralmente, esse protocolo é o *Modbus - RTU*. Em alguns casos, outros protocolos abertos podem ser oferecidos, além do protocolo proprietário que acompanha o equipamento. Quando utilizamos um controlador programável em rede, na maioria dos casos, optamos por um protocolo aberto.

2.4 NÍVEIS DE UMA REDE INDUSTRIAL

Em uma rede industrial há equipamentos e dispositivos de diversos tipos, que podem ser agrupados por níveis hierárquicos, estabelecendo ligações mais adequadas conforme a área. Esses níveis estão representados na Figura 2 a seguir:

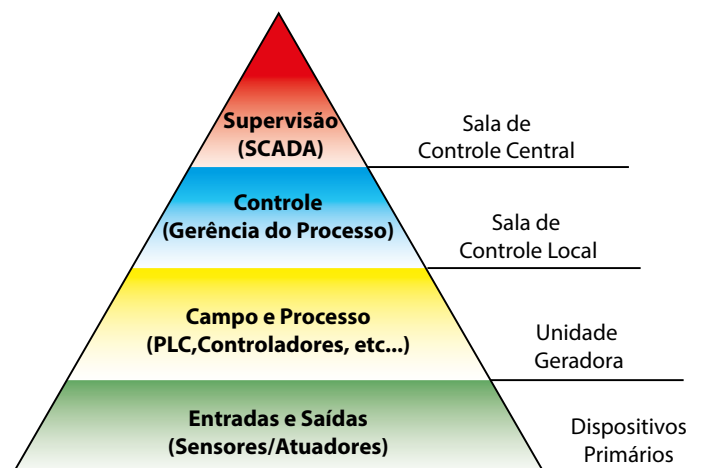


Figura 2 - Níveis da arquitetura de um sistema de controle.
Fonte: SENAI-RS.

2.4.1 NÍVEL DE GESTÃO OU SUPERVISÃO

Esse nível é considerado o mais elevado. Destinado a um computador central, é responsável por processar o escalonamento da produção da planta e por permitir operações de monitoramento estatístico. Geralmente, seu funcionamento ocorre por meio de *softwares* gerenciais (MIS). Nesse nível, é comum a utilização do padrão *Ethernet*, operando com o protocolo TCP/IP.

2.4.2 NÍVEL DE CONTROLE

O nível de controle corresponde à rede central localizada na planta, incorporando *Programmable Logic Controller* ou Controlador Lógico Programável (PLC ou CLP), Digital-Coded Squelch (DC) e Personal Computer (PC). A informação percorre o sistema em tempo real garantindo, assim, a atualização dos dados nos *softwares* que realizam a supervisão da aplicação.

2.4.3 NÍVEL DE CAMPO E DE PROCESSO

O nível de campo e de processo encarrega-se de integrar pequenas automações (autômatos compactos, multiplexadores de E/S, controladores PID (*Proporcional-Integral-Derivativo*)) dentro de sub-redes ou “ilhas”. Em um nível mais elevado dessas redes, podemos encontrar um ou mais autômatos modulares, atuando como mestres da rede ou mestres flutuantes. Nesse caso, empregam-se redes de campo.

2.4.4 NÍVEL DE E/S

No nível de entrada/saída estão localizados os sensores e atuadores responsáveis pelo andamento do processo produtivo. É o nível mais próximo do processo, no qual são tomadas as medidas necessárias para uma automação e uma supervisão precisas.



**SAIBA
MAIS**

Como o estudo das camadas e os níveis de redes indústrias, com base no modelo OSI, é um assunto bastante extenso, pois esse método é referência para diversas aplicações, aprofunde seus conhecimentos sobre esse tema. Para saber mais sobre redes industriais consulte: <http://www.automacaoindustrial.info/redes-industriais/>

Classificação das Redes Industriais

3



As redes industriais são de extrema importância para a integração entre máquinas e sistemas de controle. Para garantir que uma rede atenda aos requisitos de uma planta industrial, devemos ter atenção à classificação geral das redes, conforme apresenta o Quadro 1 a seguir.

CLASSIFICAÇÃO	DESCRIÇÃO
Topologia física	Barramento, anel, estrela, árvore e mista
Modelos de redes	Origem-destino e produtor-consumidor
Tipos de comunicação	Mestre/escravo, multimestre e ponto
Métodos de troca de dados	Cíclico, não solicitada e <i>polling</i>
Modo de transmissão	Serial e paralela
Sincronização de <i>bits</i>	Síncrona e assíncrona
Modo de operação	<i>Simplex</i> , <i>half-duplex</i> e <i>full-duplex</i>
Tipo de computação	Computação de circuitos e computação de pacotes

Quadro 1 - Classificação geral das redes industriais.
Fonte: SENAI-RS.

3.1 TOPOLOGIA FÍSICA

Podemos descrever uma rede de comunicação como uma rede de trabalho na qual temos a interconexão de máquinas ligadas a uma transmissão comum, de modo que qualquer máquina possa transmitir dados para outra que se encontre interligada à rede. As principais topologias de comunicação de redes são de barramento, de anel e estrela. A topologia de rede mista também é utilizada, porém, em grandes redes. Nos casos específicos, é utilizada a topologia em árvore. Na Figura 3 temos os cinco tipos de topologia.

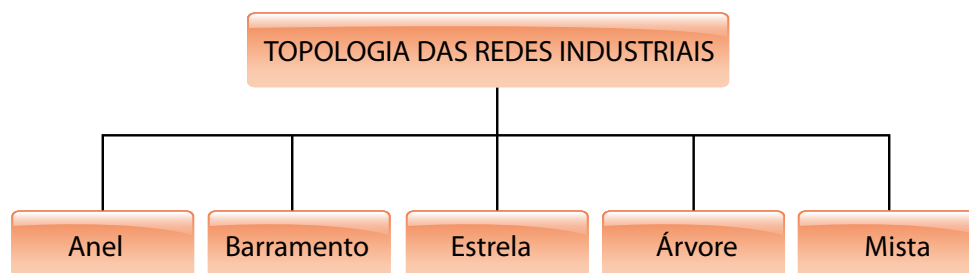


Figura 3 - Topologia das redes industriais.
Fonte: SENAI-RS.

3.1.1 TOPOLOGIA EM ANEL

A topologia em anel possui esse nome devido à interligação das duas extremidades da rede ocorrer no mesmo ponto, formando um círculo como fosse um anel. A mensagem se desloca em sentido único em torno do anel. O anel pode ser simples ou redundante. Nesse tipo de topologia, o receptor é obrigado a remover a mensagem enviada, nos casos de sucesso. Nos casos de falha, a remoção da mensagem é obrigação do transmissor; assim, evita-se que um *loop* de erro ocupe a rede e reduza seu desempenho. A Figura 4 ilustra esse tipo de topologia.

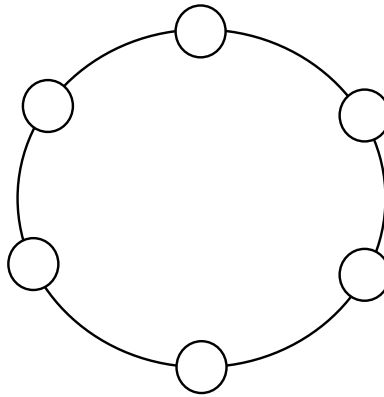


Figura 4 - Topologia em anel.
Fonte: SENAI-RS.

3.1.2 TOPOLOGIA EM BARRAMENTO

Os pontos de início e fim de rede não estão relacionados na topologia de barramento. A maior vantagem dessa topologia, em comparação com outras, é a redução de cabos de conexão, o que facilita a manutenção e a montagem do meio físico da rede. A desvantagem desse método é que, se tivermos apenas duas máquinas interligadas, poderemos observar que qualquer dano ao cabo causará falhas na comunicação da rede. Observe a topologia em barramento na Figura 5.

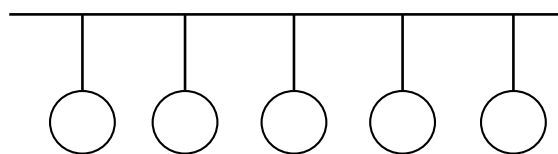


Figura 5 - Topologia em barramento.
Fonte: SENAI-RS.

3.1.3 TOPOLOGIA EM ESTRELA

A topologia em estrela consiste em um equipamento central que gerencia as informações de todos os equipamentos do sistema, recebendo os dados, tratando-os e transmitindo-os, conforme a necessidade. Como todas as estações de trabalho são conectadas à central, essa topologia causa redução nos custos, tornando-a uma das mais utilizadas no mercado industrial. No entanto, se as informações dependerem de passar pela central para ir de uma estação a outra, isso pode apresentar problemas caso a central esteja desligada. Na Figura 6 temos um exemplo da topologia em estrela.

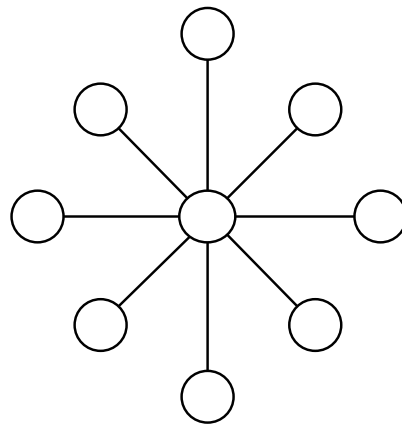


Figura 6 - Topologia em estrela.
Fonte: SENAI-RS.

3.1.4 TOPOLOGIA EM ÁRVORE

A topologia em árvore é, essencialmente, uma série de barras interconectadas estabelecendo uma estrutura hierárquica de várias redes e sub-redes. Em geral, há uma barra central na qual se conectam outros ramos menores. Essa ligação é feita por meio de derivadores, e as conexões das estações são realizadas do mesmo modo que no sistema padrão. Devido à ramificação, o sinal deverá se propagar por dois caminhos diferentes; por esse motivo, as redes em árvore requerem cuidados adicionais. A Figura 7 ilustra a topologia em árvore.

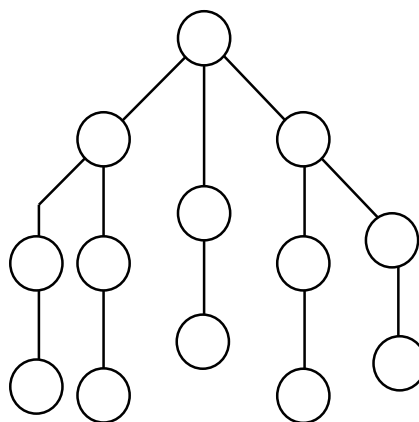


Figura 7 - Topologia em árvore.
Fonte: SENAI-RS.

3.1.5 TOPOLOGIA MISTA OU HÍBRIDA

A topologia mista ou híbrida combina duas ou mais topologias, tornando-a a mais utilizada em grandes redes. Com ligações ponto a ponto e multiponto, obtém redes complexas proporcionando um maior número de recursos, como expansibilidade, flexibilidade e funcionalidade de cada segmento de rede. Essa topologia é feita por redundância e pode ter múltiplas ligações entre várias localizações. A estrutura mista nos permite obter as vantagens de cada topologia, compensando, assim, seus custos. Observa a estrutura da topologia mista, na Figura 8.

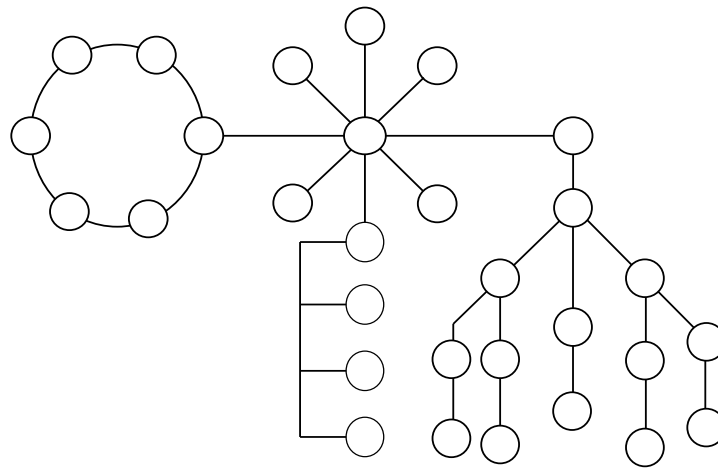


Figura 8 - Topologia mista.
Fonte: SENAI-RS.



FIQUE ALERTA

A correta escolha do cabo de comunicação é um dos aspectos mais básicos e importantes na instalação de qualquer uma das topologias. O cabo deve ser específico para cada necessidade. Caso o profissional não esteja atento a esse aspecto, o desempenho da rede industrial será reduzido.

3.2 MODELOS DE REDES

Os tipos de comunicação dos dados entre controladores programáveis ou entre sistema de supervisão e controladores programáveis são distintos. Os controladores programáveis comunicam-se em redes com protocolos abertos, em redes com protocolos proprietários ou, ainda, com protocolos abertos e proprietários, de acordo com o fabricante. Há dois modelos de rede, descritos como origem/destino e produtor/consumidor.

3.2.1 REDES DO TIPO ORIGEM/DESTINO

Nesse tipo de configuração, os dados são transmitidos e recebidos, sucessivamente, do nó fonte para um destino específico. Esse tipo de rede produz um desperdício de recursos, pois quando apenas o destino é diferente, os dados são enviados várias vezes. Como os dados chegam aos nós em momentos diferentes, a sincronização entre eles é muito difícil.

3.2.2 REDES DO TIPO PRODUTOR/CONSUMIDOR

Nessa configuração de rede, os dados são transmitidos e recebidos, simultaneamente, entre os nós (produtores) e os nós (consumidores). Os dados de controle (entrada/saída digitais e analógicas) e os dados de configuração podem trafegar em uma mesma rede. O sistema utilizado pode ser do tipo mestre/escravo, multimestre ou ponto a ponto. No modelo produtor/consumidor, a troca de dados pode ser do tipo cíclico, ou seja, os dispositivos produzem os dados a uma taxa configurada pelo programador. A Figura 9 ilustra um tipo de rede produtor/consumidor.

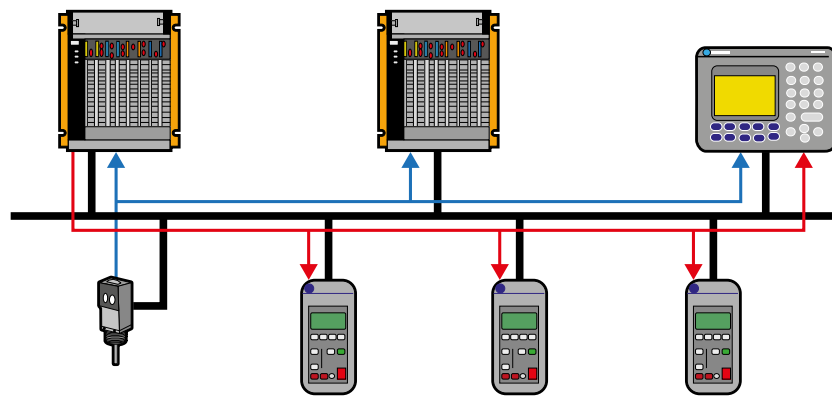


Figura 9 - Tipo de rede produtor/consumidor.
Fonte: SENAI-RS.

3.3 TIPOS DE COMUNICAÇÃO

Os modelos de rede possuem vários tipos de comunicação entre os componentes, os mais utilizados são o mestre/escravo, multimestre e o ponto a ponto.

3.3.1 MESTRE/ESCRAVO

Nesse tipo de comunicação, há apenas um mestre e múltiplos escravos. Esses trocam dados unicamente com o mestre, informando apenas os dados solicitados. Nas redes mestre/escravo (FIGURA 10), a estação mestre é fixa e somente ela é capaz de iniciar as mensagens.

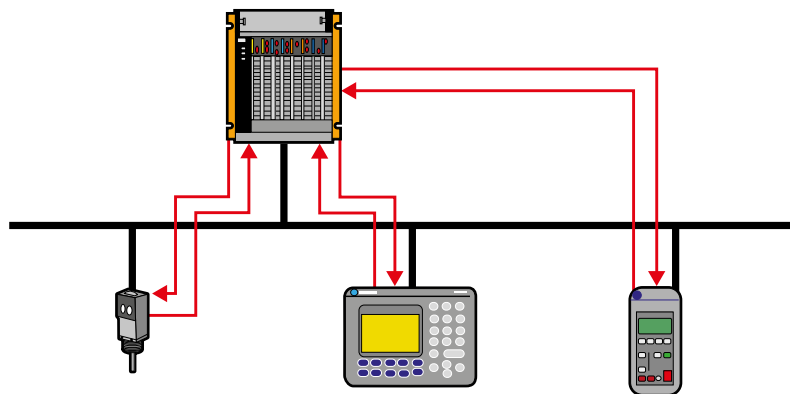


Figura 10 - Tipo de rede mestre/escravo.
Fonte: SENAI-RS.



VOCÊ SABIA?

A comunicação do tipo mestre/escravo é a mais utilizada na indústria, principalmente quando queremos ter comunicação de um CP com um sistema de supervisão, um computador industrial ou até mesmo com a Interface Homem-Máquina (IHM). Essa comunicação é bastante utilizada em pequenas plantas e em máquinas.

3.3.2 MULTIMESTRE

Esse tipo de comunicação é exatamente idêntico ao mestre/escravo, porém com a diferença que a comunicação multimestre admite mais de um mestre. Entretanto, você deve estar atento para o fato de que cada mestre tem seu próprio conjunto de escravos, os quais só podem trocar dados com seus respectivos mestres, conforme a Figura 11.

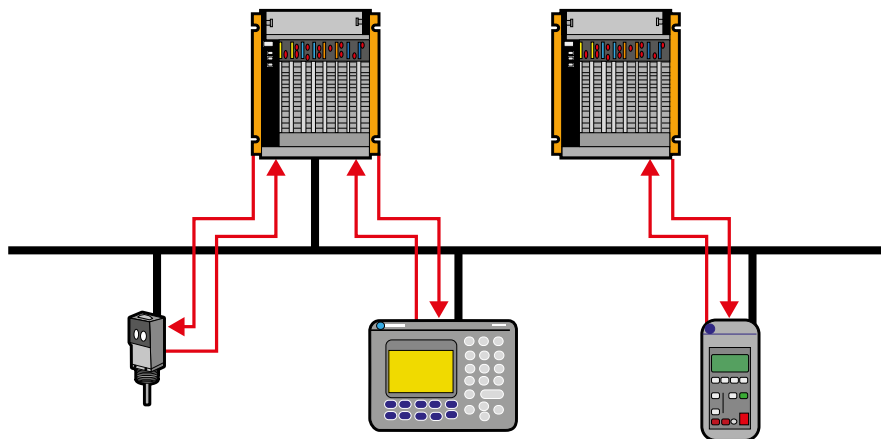


Figura 11 - Tipo de rede Multimestre.
Fonte: SENAI-RS.

3.3.3 PONTO A PONTO

Um par de estações controla a rede e, seguidamente, realiza a troca de informações entre elas. Não é realizado o *polling* para verificar se a estação receptora está ativa para enviar mensagens. Os dispositivos podem trocar dados com mais de um dispositivo, ou realizar múltiplas trocas com o mesmo dispositivo, conforme demonstra a Figura 12.

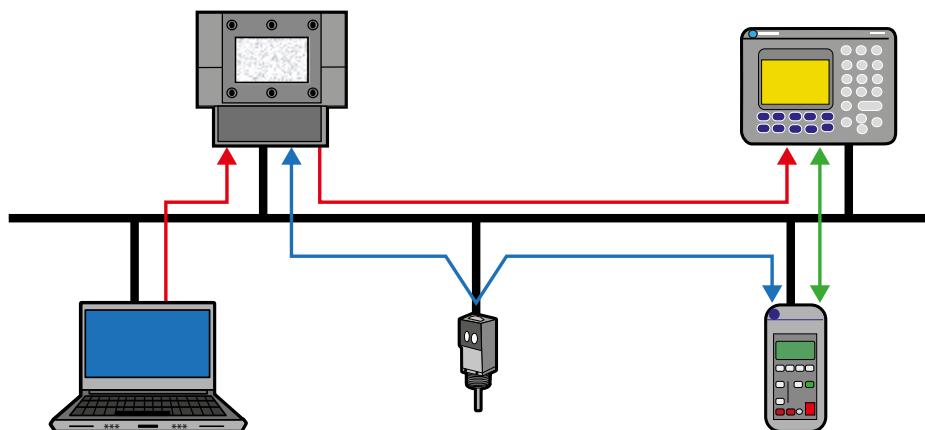


Figura 12 - Tipo de conexão ponto a ponto.
Fonte: SENAI-RS.

3.4 MÉTODOS DE TROCA DE DADOS

Há três tipos de métodos para troca de dados: o cíclico, o não solicitado e o *polling*. Detalharemos cada um desses métodos.

3.4.1 CÍCLICO

Nesse método, os dispositivos produzem dados a uma determinada taxa configurada pelo programador. O intervalo máximo de atualização deve estar no valor definido em projeto, assim como o valor da taxa de atualização. Como os dados são transferidos numa taxa adequada ao dispositivo/aplicação, a transferência de dados cíclica é mais eficiente.

Desse modo, os recursos podem ser preservados pelos dispositivos com alta variação e maior determinismo. Esse método é compatível com a utilização dos tipos de comunicação mestre/escravo, multimestre e ponto a ponto (FIGURA 13).

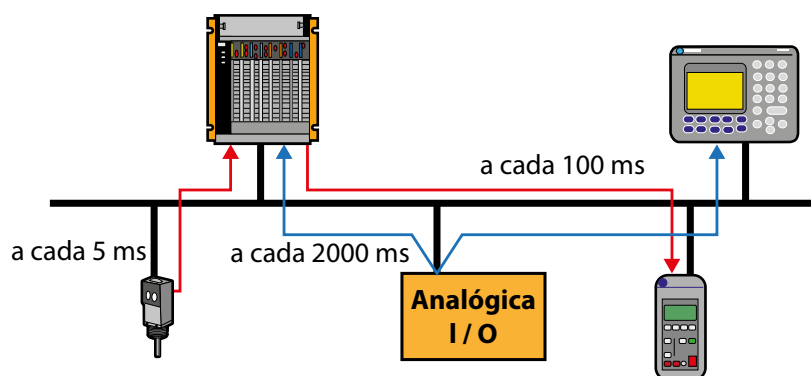


Figura 13 - Método cíclico.
Fonte: SENAI-RS.



VOCÊ SABIA?

A transferência cíclica é a mais eficiente, pois seus dados são transferidos em uma taxa adequada ao dispositivo/aplicação, os recursos podem ser preservados por dispositivos com alta variação, além de possuir um melhor determinismo.

3.4.2 NÃO SOLICITADA (*UNSOLICITED*)

Nesse tipo de troca de dados, os dispositivos produzem mensagens quando existe alguma alteração no valor (estado) de certa memória, otimizando, assim, a transferência dos dados trocados entre dois equipamentos. Uma mensagem é enviada ciclicamente para ver se os equipamentos estão ativos ou com falha. Um sinal é uma mensagem em segundo plano e é transmitido ciclicamente para confirmar que o dispositivo está certo. A mudança de estado é eficiente porque se reduz significativamente o tráfego da rede e recursos não são desperdiçados com o processamento de dados antigos (FIGURA 14).

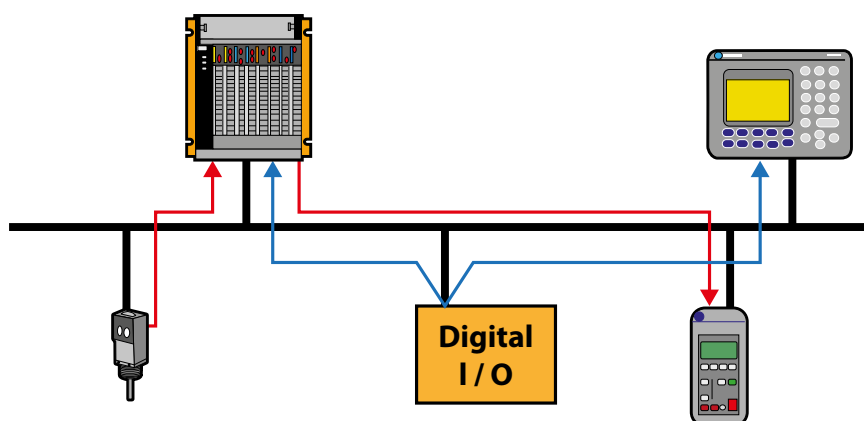


Figura 14 - Método não solicitado.
Fonte: SENAI-RS.

3.4.3 POLLING

O *polling* é uma mensagem enviada pelo equipamento central à rede, sendo que os outros equipamentos só poderão responder a essa solicitação se ela for destinada ao próprio dispositivo. O desempenho desse tipo de rede depende principalmente do equipamento principal, porém, a falta de algum outro nó não afetará a rede. Quando os dispositivos recebem os dados, imediatamente os envia. Esse método é normalmente utilizado com sistemas mestre/escravo e multimestre. A Figura 15 apresenta o método de *polling*.

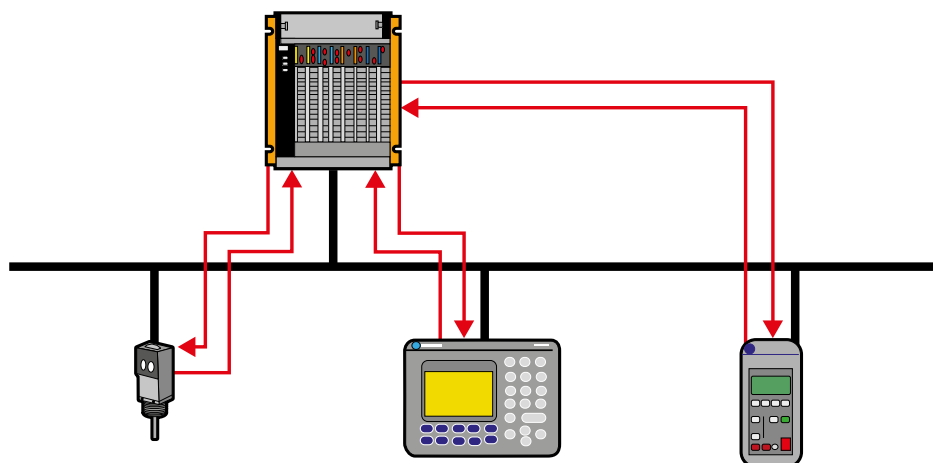


Figura 15 - Método de *polling*.
Fonte: SENAI-RS.



FIQUE ALERTA

Evite utilizar cabos multifunção nas comunicações, pois não são específicos para esse trabalho. Eles apresentam falhas durante a operação e podem comprometer o desempenho final e a segurança do processo. Muitas vezes, um sistema pode ficar inoperante até que se descubra qual é o cabo que está causando o problema. Por isso, para utilizar o cabo adequado, consulte as normas EIA/TIA, no site: <http://www.tiaonline.org/standards/buy-tia-standards> e as normas ISO/IEC 11801:2002 - information technology - generic cabling for customer premises e ISO/IEC 11801:2014 - information technology - generic cabling for customer premises - part 9901 - guidance for balanced cabling in support of at least 40 Gbits data transmission.

3.5 MODOS DE TRANSMISSÃO

O modo de transmissão representa o número de unidades elementares de informações (*bits*) que podem ser transmitidas simultaneamente pelo canal de comunicação. Nesse caso, um processador nunca tratará só um *bit* de cada vez, pois sempre processa vários *bits* formando um *byte* (8 *bits*). A seguir, detalhamos os dois modos de transmissão: paralela e serial.

3.5.1 TRANSMISSÃO PARALELA

Na comunicação paralela, o computador envia (ou recebe) todos os *bits* ao periférico de uma só vez, por um conjunto de condutores. Para cada *bit* de informação, existe um condutor para o seu tráfego, além do condutor de referência que liga o computador ao periférico. A transmissão para longas distâncias, com esse tipo de comunicação, torna-se difícil devido à dificuldade de configuração e ao alto custo da instalação, em razão da grande quantidade de condutores.

Desse modo, a ligação paralela representa a transmissão simultânea de vários *bits*. Os *bits* são enviados, ao mesmo tempo, para várias vias diferentes, que podem ser um condutor, um cabo ou qualquer outro suporte físico. Cada *bit* é enviado para uma linha física por meio de cabos paralelos, compostos de vários condutores e de uma cobertura. A linha física é dividida em vários subcanais, como apresenta a Figura 16, compartilhando a mesma banda. Desse modo, cada *bit* é transmitido numa frequência diferente.

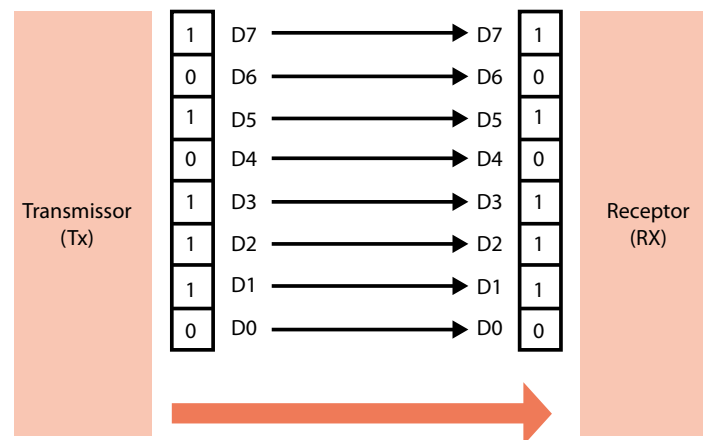


Figura 16 - Transmissão paralela.
Fonte: SENAI-RS.

3.5.2 TRANSMISSÃO SERIAL

Na transmissão serial, a velocidade digital de dados pode ser descrita em relação a dois parâmetros: quanto ao fluxo de dados ou quanto ao sinal. Essa transmissão é o processo pelo qual *bit* a *bit* é transmitido de forma sequencial por uma linha física.

Quanto ao fluxo de dados, essa transmissão utiliza o conceito de taxa de transferência de *bits* por unidade de tempo em segundos (*bps* ou *b/s*), independentemente de como a taxa de transferência se processa no meio de comunicação. Quanto ao sinal, considera-se que um *bit* de informação pode ser representado por algum tipo de sinalização (nível de tensão, frequência, entre outros) que é mantido por um período fixo e uniforme. O número dessas sinalizações em um segundo é adotado como velocidade de transmissão denominada *baud*.

A transmissão serial, conforme Figura 17, é o método de comunicação escolhido por diversos periféricos de computadores. Nessa transmissão, os dados são enviados *bit* a *bit*. Porém, a maior parte dos processadores trata as informações de maneira paralela, ou seja, transforma dados que chegam de maneira paralela em dados em série, no nível do emissor, e vice-versa, no nível do receptor.

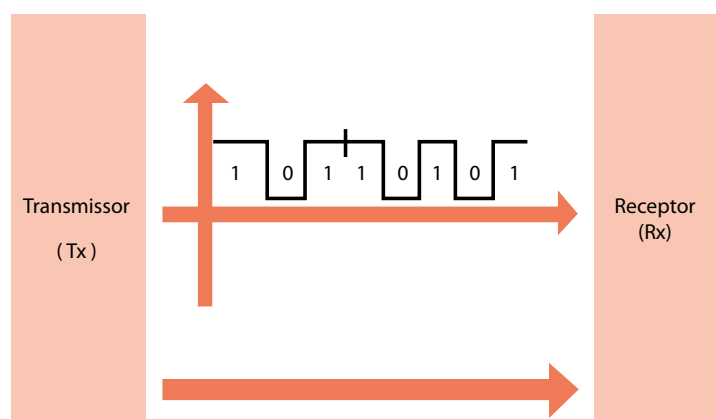


Figura 17 - Transmissão serial.
Fonte: SENAI-RS.

Nos sistemas lógicos programáveis, geralmente são utilizados dois tipos de meios físicos de transmissão serial, que são os protocolos RS485 e RS232, os quais estudaremos a seguir:

- **porta de comunicação RS-485:** a sigla RS é a abreviação de *Recommended Standard*. O padrão RS-485 é a tecnologia de transmissão mais utilizada. É indicada para áreas que necessitam uma alta taxa de transmissão, mas com uma instalação simples e de baixo custo. Assim, um par trançado de cobre blindado com um único par condutor é suficiente nesse caso. A tecnologia de transmissão RS-485 é muito fácil de manusear, pois o uso de par trançado não requer conhecimento ou habilidade especial. A topologia, por sua vez, permite a adição e a remoção de estações do tipo passo a passo, sem afetar outras estações;
- **porta de comunicação RS-232 (EIA 232):** criada no início dos anos de 1960, pela *Electronic Industries Association* (EIA), a RS-232 representa a troca de dados digitais entre um computador central (*mainframe*) e os terminais de computadores remotos ou, ainda, entre dois terminais sem o envolvimento de um computador. É considerada uma interface comum, de padronização para comunicação de dados entre equipamentos. O padrão RS-232 especifica as tensões, temporizações e funções dos sinais, em um protocolo para troca de informações nas conexões mecânicas.



VOCE SABIA?

As portas USB (*Universal Serial Bus*) foram desenvolvidas há alguns anos e, provavelmente, substituirão as portas seriais e paralelas completamente. Atualmente, os computadores e *notebooks* não possuem mais a porta serial de comunicação RS-232, que está sendo substituída pela porta USB, por ser mais rápida, possuir conectores simples de utilizar e ter melhor suporte para *software*. Em periféricos comerciais, essa comunicação ainda é utilizada em caixas registradoras e leitores de códigos de barra. Porém, sua maior utilização, juntamente com RS-485, continua sendo na área industrial, principalmente, nos equipamentos e dispositivos de controle.

3.6 MODOS DE LIGAÇÃO

De acordo com o sentido das trocas entre os componentes, distinguimos três modos de ligação:

- *simplex*: esse tipo de ligação é útil quando os dados não têm necessidade de circular nos dois sentidos. Ela se caracteriza por uma ligação na qual os dados circulam em um único sentido, ou seja, do emissor para o receptor, como, por exemplo, a ligação de um computador para uma impressora;
- *half-duplex*: a ligação *half-duplex* emite um sinal em cada extremidade por vez, permitindo uma ligação bidirecional que utiliza a capacidade total da linha. Também denominada ligação de alternância ou *semiduplex*, caracteriza-se por uma ligação na qual os dados circulam nos dois sentidos, mas nunca simultaneamente, como, por exemplo, a comunicação entre computadores;
- *full-duplex*: na ligação *full-duplex*, os dados circulam de maneira bidirecional e simultaneamente, de modo que cada extremidade da linha possa emitir e receber dados ao mesmo tempo. Se um mesmo suporte de transmissão for utilizado para as duas transmissões, isso significa que a banda concorrida está dividida em duas partes, uma para cada sentido de emissão dos dados, como, por exemplo, as comunicações telefônicas.

3.7 SINCRONIZAÇÃO DE BITS

Devido aos problemas gerados pela ligação paralela, a ligação serial tornou-se a mais utilizada. Porém, quando somente um condutor transporta a informação, existe um problema de sincronização entre o emissor e o receptor, ou seja, o receptor não consegue distinguir os caracteres (sequências de *bits*) porque esses *bits* são enviados sucessivamente. Existem dois tipos de ligação que permitem sincronizar os *bits* e sanar esse problema, são elas: ligação síncrona e ligação assíncrona.

3.7.1 LIGAÇÃO SÍNCRONA

Nessa ligação, o emissor e o receptor são sincronizados pelo mesmo relógio, ou seja, o receptor recebe continuamente as informações no mesmo instante em que o emissor as envia. Para isso, é necessário que o emissor e o receptor estejam sincronizados na mesma velocidade. Além disso, informações suplementares são inseridas para garantir a ausência de erros na transmissão. Nesse caso, os *bits* são enviados de maneira sucessiva, sem separação entre cada caractere, sendo necessário inserir elementos de sincronização.

O principal inconveniente da ligação síncrona é o reconhecimento das informações por parte do receptor, podendo existir diferenças entre os relógios do emissor e do receptor. Desse modo, cada envio de dados deve-se realizar em um período bastante longo, de maneira que o receptor o distinga. Assim, a velocidade de transmissão não pode ser muito elevada em uma ligação síncrona.

3.7.2 LIGAÇÃO ASSÍNCRONA

Para esse tipo de ligação, cada caractere é emitido de maneira irregular no tempo. Somente um *bit* é transmitido durante um longo período de tempo, porém, o receptor não consegue determinar se esses caracteres são 01010010, 10100100 ou 01010100. Para resolver esse problema, cada caractere é precedido de uma informação que indica o início da transmissão do caractere, denominado *bit start*, e termina com o envio de uma informação de fim de transmissão, denominada *bit stop*.

3.8 TIPO DE COMUTAÇÃO

O tipo de comutação refere-se à alocação dos recursos da rede para a transmissão de dados pelos diversos dispositivos conectados. Há dois tipos de comutação: a comutação de circuitos e a comutação de pacotes.

3.8.1 COMUTAÇÃO DE CIRCUITOS

Na comutação de circuitos, antes de ser enviada qualquer informação, estabelece-se um caminho “físico” dedicado, procedendo ao estabelecimento de uma ligação “física”, ponta a ponta, entre os terminais que pretendem comunicar-se. Neste tipo de comunicação a grande vantagem são os recursos garantidos pelo sistema no controle de processamento com menores tempos de transferência. Como desvantagem temos uma grande probabilidade de bloqueio na transmissão de dados, pois não há correção de erros.

3.8.2 COMUTAÇÃO DE PACOTES

Nesse tipo de comutação, não há estabelecimento de nenhum caminho físico dedicado entre o emissor e o receptor. Assemelha-se à comutação de mensagens; contudo, as informações a serem enviadas são quebradas em pacotes e cada pacote contém um cabeçalho com informações que permitem o seu encaminhamento pela rede. Esses pacotes são comutados individualmente e enviados, de nó para nó, entre a origem e o destino. Pacotes pertencentes à mesma mensagem podem seguir caminhos diferentes até chegar ao destino.

Nessa comutação a grande vantagem é a otimização de transmissões simultâneas na recuperação dos erros na camada de enlace. Apresenta como desvantagem algumas variações de atrasos em seu processamento, prejudicando algumas aplicações de áudio e vídeo.



CASOS E RELATOS

Tecnologias integradas

Um grupo de técnicos foi designado para instalar uma rede industrial em uma empresa petrolífera. Essa rede seria utilizada na implementação de um sistema supervisório de comunicação. Com base em seus conhecimentos de redes industriais, os técnicos optaram por uma rede de comunicação do tipo *Ethernet* (100 Mbps), abrangendo todas as unidades da empresa. Devido à urgência desse serviço, conforme estabelecido no cronograma, o supervisor encontrou uma excelente solução: utilizou diversas tecnologias de forma integrada.

Um dos técnicos testou, inicialmente, a comunicação com nove usuários clientes conectados ao servidor. Esses usuários utilizaram o sistema de supervisão de pontos, geograficamente distribuídos em diferentes cidades, com o servidor instalado na unidade de melhor sinal. A rede de campo foi testada por outro técnico, que utilizou uma rede mestre/escravo, comunicando-se a 9600 bps, por meio de enlace de rádio, utilizando um protocolo de comunicação desenvolvido por uma empresa especializada em comunicação industrial. Em cada uma das unidades, outros técnicos configuravam dez CPs escravos, ligados a uma estação mestre. Para finalizar, o último técnico configurou o ponto da rede de comunicação, no qual as sub-redes se interconectavam, ocorrendo a comunicação global. Ao final desse complexo trabalho, os técnicos foram parabenizados pelo excelente trabalho realizado de forma coletiva, que integrou diversas tecnologias para resolver um demanda específica.

Protocolos de Comunicação

4



Neste capítulo, estudaremos os protocolos de comunicação mais utilizados em sistemas automatizados, o *Modbus-RTU*, o *Profibus* e a *Fieldbus Foundation* (Instrumentação). Além disso, estudaremos também os serviços da rede TCP/IP. Esses protocolos de comunicação têm a função de estabelecer os parâmetros de troca de dados entre os equipamentos, de forma ordenada, evitando erros e informando seu acontecimento. Existem várias aplicações para cada nível na área da automação. As aplicações podem ser discretas ou de processo para os níveis de dispositivo, controle e negócio. No caso da automação mecatrônica, os mais utilizados são *Modbus* e o *Profibus*.

4.1 PROTOCOLO MODBUS

O protocolo *Modbus* é utilizado em larga escala por quase todos os fabricantes na comunicação entre CPs. Foi um dos primeiros protocolos abertos desenvolvidos pela Modicon e, atualmente, pertence ao grupo Shneider Electric. Esse protocolo possui duas variações: o *Modbus-RTU* e o *Modbus-ASCII*. Conheceremos o *Modbus-RTU*, por ser o protocolo mais utilizado.

Quando esses protocolos começaram a ser utilizados, eles eram funcionais apenas nos controladores que possuíam portas RS-232 ou RS-485. Atualmente, nessas mesmas portas, são utilizados cartões adaptadores de rede para computadores, módulos especiais e *gateways* da Modicon e de outros fabricantes. Entre os dispositivos que utilizam atualmente o protocolo de *Modbus*, temos:

- controladores programáveis;
- interfaces homem-máquina;
- unidades terminais remotas (RTU);
- *drives* AC/DC;
- sensores;
- atuadores inteligentes.

Com relação a mensagens, o protocolo *Modbus* aplica o tipo de comunicação mestre/escravo, embora, por vezes, possa parecer que se trata de um tipo de rede ponto a ponto. Isso acontece porque quando um controlador gera uma mensagem, que é um comportamento de equipamento de mestre, ele aguarda uma resposta de um escravo. De forma similar, quando um controlador recebe uma mensagem, ele deve responder como se fosse um escravo, retornando a mensagem para o controlador que a originou. Esse tipo de comunicação pode ser observado na Figura 18:

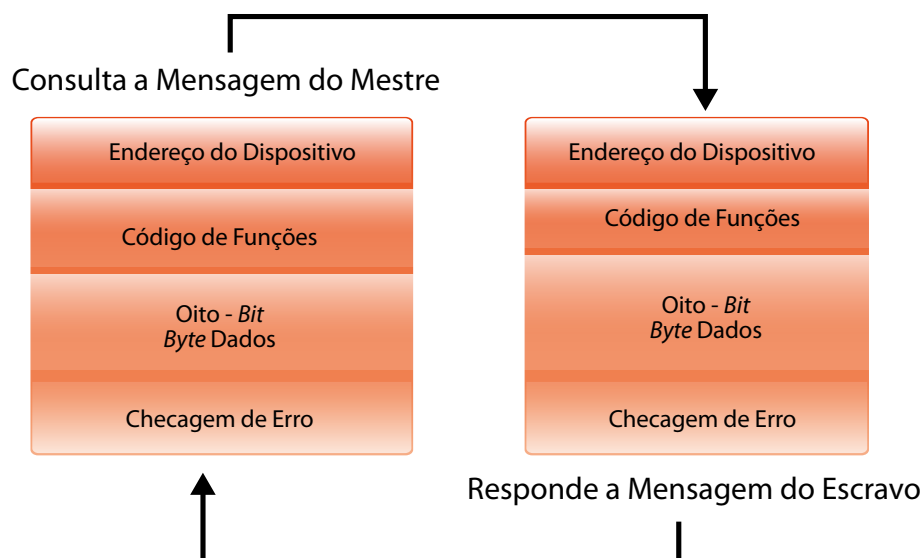


Figura 18 - Ciclo de pergunta-resposta do mestre/escravo.
Fonte: SENAI-RS.

Como observamos, no ciclo de pergunta-resposta do mestre-escravo, o código da função na pergunta indica ao dispositivo escravo qual o tipo de ação que deverá ser realizada. Os *bytes* de dados contêm informações adicionais das quais o escravo precisa para executar a função.

Exemplo prático

Se utilizarmos o código de função 03 (leitura de registros), o escravo irá agrupar suas informações referentes aos registros e responderá ao mestre com seus valores. O campo de dados deve conter informações para o escravo, comunicando o registro inicial e a quantidade deles que devem ser informados ao mestre. O campo de erros possibilita ao escravo validar a integridade do conteúdo da mensagem enviada ao mestre. Se o escravo envia uma resposta normal, o código da função enviada ao mestre deve ser exatamente igual à solicitada; isto é, se a função solicitada pelo mestre for a 16 (escrita de múltiplos registros), então a resposta deverá conter o código de função 16.

Os *bytes* de dados contêm os valores coletados pelo escravo, sendo eles os valores ou o estado dos registros. Na ocorrência de um erro, o código da função é modificado para indicar que a resposta é um erro, e que os *bytes* de dados contêm o código descrevendo o erro ocorrido. O campo de checagem de erro permite ao mestre confirmar que aquela mensagem de erro é válida antes de aceitá-la.



**SAIBA
MAIS**

Para conhecer um pouco mais sobre o protocolo *Modbus*, acesse o site da organização:
<http://www.modbus.org/>

4.1.1 MODO RTU

A expressão I/O, desenvolvida pela Modicon, para suas remotas de entradas e saída, ficou conhecida, também, como Remote Terminal Unit (RTU). Quando ajustamos um equipamento para comunicar, por meio de uma rede *Modbus*, utilizando o modo RTU significa que cada *byte* (8 *bits*) em uma mensagem contém dois caracteres hexadecimais de 4 *bits* cada (0-F).

A principal vantagem do modo RTU, em relação ao ASCII, é que permite maior densidade de tráfego de dados, na mesma velocidade de transferência. No modo RTU são enviados mais dados do que no modo ASCII; por esse motivo que ele é mais utilizado. No modo RTU, cada mensagem pode ser transmitida em sequência. O formato de cada *byte*, nesse modo, está descrito no Quadro 2.

FORMATO	DESCRIÇÃO
Sistema de codificação	<ul style="list-style-type: none">• Binário de 8 <i>bits</i>/hexadecimal 0-F;• Dois caracteres hexadecimal contendo em cada um o campo de mensagem com 8 <i>bits</i>.
<i>Bits por Byte</i>	<ul style="list-style-type: none">• 1 <i>start bit</i>,• 8 <i>bits</i> de dados, menos significativo enviado antes;• 1 <i>bit</i> de paridade par/ímpar, ou sem <i>bit</i> quando for sem paridade• 1 <i>stop bit</i> quando houver paridade e 2 quando não houver paridade.
Campo de erro	<ul style="list-style-type: none">• Checagem de redundância cíclica (CRC).

Quadro 2 - Formato de bytes no modo RTU.
Fonte: SENAI-RS.

4.1.2 FRAME RTU

Frame é um pacote de *bits* enviado de um dispositivo a outro. No modo RTU, as mensagens começam com um intervalo de silêncio, no comprimento de 3,5 caracteres. Na taxa de transmissão de uma rede de trabalho, a utilização de múltiplos para caracteres facilita a implementação desse intervalo. Esses múltiplos podem ser representados por T1-T2-T3-T4 no *frame* seguinte. Após o intervalo inicial, o primeiro campo a ser enviado é o endereço do equipamento na rede.

Os caracteres definidos para transmissão de todos os campos são os números hexadecimais (0-F). Os equipamentos conectados na rede monitoram-na constantemente, inclusive nos intervalos de silêncio. Ao receber o primeiro campo (campo de endereçamento), cada um dos dispositivos decodifica-o para identificar a qual escravo a solicitação pertence.

Após a transmissão do último caractere, um intervalo de 3,5 caracteres, no mínimo, semelhante ao primeiro, marca o final da mensagem. E, logo após esse intervalo, poderá dar início a outra mensagem.

O *frame* da mensagem inteira deve ser transmitido continuamente e de uma vez só. Se ocorrer um intervalo de silêncio com duração acima de 1,5 caractere antes da finalização do *frame*, o equipamento que recebe a mensagem incompleta deve eliminá-la e assumir que o próximo *byte* será o campo de endereçamento da nova mensagem.

Da mesma forma, se, após a mensagem anterior, uma nova mensagem começar com um tempo menor que 3,5 caracteres, o escravo que receber a mensagem irá considerar como uma continuação daquela mensagem, gerando um erro: o CRC, no final da mensagem, não terá um valor correto. Um *frame* de mensagem do *Modbus* RTU pode ser observado no Quadro 3.

START	ADDRESS	DATA	CRC CHECK	END
T1 - T2 - T3 - T4	8 BITS	n x 8 BITS	16 BITS	T1 - T2 - T3 - T4

Quadro 3 - Frame do Modbus RTU.

Fonte: MODBUS.ORG, 2002.



FIQUE ALERTA

O protocolo *Modbus-RTU* permite apenas um mestre, o acréscimo de um segundo poderá tornar o funcionamento da rede intermitente ou, ainda, impedir totalmente o funcionamento do sistema, ocasionando falhas que podem por em risco a segurança e a integridade dos envolvidos.

Apresentamos, a seguir, uma comparação entre três metodologias de controle e suas possíveis formas de utilização na indústria, apresentando algumas características de cada uma:

- **CP para controlar diversas etapas de um sistema automatizado:** nesse caso, uma empresa controlaria sensores motores, redutores, atuadores e outras máquinas que compõem o sistema de produção. Caso um elemento da rede falhar, todo o sistema pode ser comprometido. Por exemplo: se, durante a produção, um sensor apresentar uma falha, o restante da linha de produção começará a ter problemas com a irregularidade, causando prejuízos devido à parada de todo sistema;
- **CP para gerenciar todo o sistema automatizado:** nesse caso, o CP verifica se cada elemento está funcionando corretamente. Para saber se cada elemento da rede está em conformidade, o CP envia um sinal para cada componente, abrindo uma porta de comunicação. Uma vez a porta aberta, o controlador comunica-se com o equipamento para verificar seu funcionamento. O equipamento, por sua vez, envia uma resposta por meio de seu status, fechando a porta de comunicação. Depois disso, o CP executa o mesmo procedimento para todos os outros elementos do sistema e, assim, mantém o gerenciamento de tudo. Caso um dos elementos, por alguma falha, não abra um canal de comunicação e nem responda ao seu status, o controlador ficará esperando uma resposta até que alguém perceba que o sistema deveria ter parado de funcionar, gerando retrabalhos, sucatas e até mesmo falha no sistema de segurança;
- **Modbus:** nesse caso, ao abrir um canal de comunicação com um determinado dispositivo ou elemento, o controlado joga na rede em que está conectada uma sequência de comandos (*bits*), na qual contém, além de várias informações, o número do dispositivo que ele está se comunicando. O elemento que está na rede com aquele número tem um tempo aproximado para responder que está ativo na rede, caso ele não responda ou demore a responder, ou se na sua resposta aparecer um código de erro, o controlador deverá executar a instrução programada nele para corrigir aquele problema e continuar a produção.

4.2 PROFIBUS (*PROCESS FIELDBUS*)

O *Profibus* (*Process FieldBus*) é, atualmente, um dos padrões de rede mais empregados no mundo todo. Essa rede foi desenvolvida por volta de 1987, em uma iniciativa conjunta de alguns fabricantes e usuários, com o apoio do governo alemão. De início, essa rede foi estabelecida como uma norma alemã, chamada DIN 19245, incorporada na norma europeia Cenelec EN 50170. Em 1999, foi incluída nas normas IEC 61158 / IEC 61784.

O *Profibus* é utilizado em muitas aplicações de automação de manufatura por se tratar de um padrão aberto de rede de comunicação industrial. Esse padrão aberto permite que cada fabricante possa produzir seu equipamento de modo compatível, garantindo que o mesmo funcione com qualquer mestre *Profibus*. Assim, dispositivos de diferentes fabricantes podem se comunicar sem a necessidade de qualquer adaptação na interface.

**SAIBA
MAIS**

Para conhecer um pouco mais sobre o protocolo *Profibus*, acesse o site da organização: www.profibus.org.br

4.2.1 PROTOCOLO *PROFIBUS*

Os perfis de comunicação *Profibus* utilizam um protocolo uniforme de acesso ao meio. Com base no padrão de referência internacional OSI, esse protocolo de acesso ao meio é definido pela camada 2, que nesse perfil é chamada de *Fieldbus Data Link (FDL)*.

Quando uma estação tem permissão para transmitir dados, o procedimento de acesso é controlado pelo *Medium Access Control (MAC)*. O MAC deve garantir que apenas uma estação tenha o direito de transmitir os dados. O protocolo *Profibus* foi desenvolvido para atender a duas exigências primárias para o controle de acesso ao meio:

- nas comunicações entre sistemas de automação complexos (mestres), deve ser assegurado que cada uma das estações tenha tempo suficiente para executar suas tarefas dentro de um intervalo de tempo predefinido;
- nas comunicações entre controladores programáveis complexos ligados a periféricos simples (escravos), deve ser estabelecida uma transmissão cíclica de dados, em tempo real e o mais simples possível.

O protocolo *Profibus*, de acesso ao meio, inclui um procedimento de passagem de *token*, utilizado nas estações mais complexas, nas quais os mestres (*masters*) comunicam-se com os periféricos mais simples, os escravos (*slaves*), como se observa na Figura 19 a seguir.

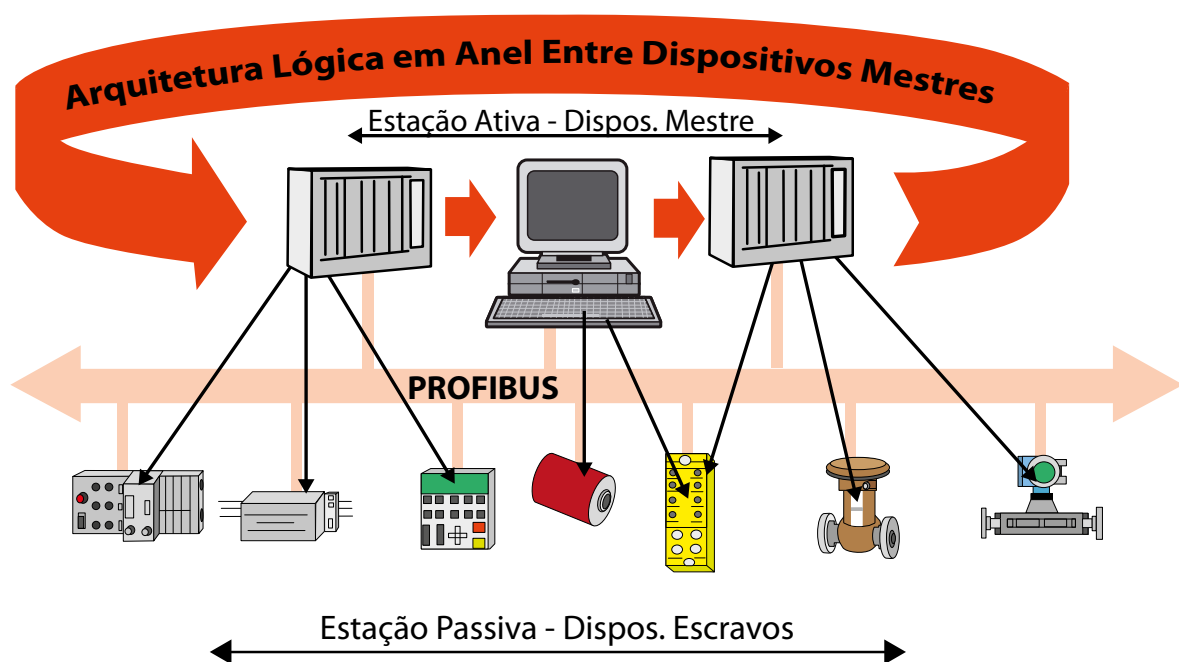


Figura 19 - Configuração *Profibus* com três estações ativas mestres e sete estações passivas escravos.
Fonte: SENAI-RS.

O procedimento de passagem de *token* tem a função de garantir o direito de acesso à rede, concedido a cada mestre, dentro de um tempo predefinido. A mensagem de *token* é um *frame* especial utilizado na comunicação entre mestres para a transferência de direitos de acesso. Desse modo, no *Profibus*, o procedimento de passagem do *token* é usado apenas para a comunicação entre estações complexas.

Essa passagem de *token* deve ser feita uma vez para cada mestre, formando um anel lógico entre eles, garantindo que o mestre fique com o *token* tempo (configurável) suficiente para o envio da mensagem. O procedimento mestre-escravo possibilita a um mestre (estação ativa de posse do *token*) o acesso a seus escravos (estações passivas). Esse método de acesso permite estabelecer as seguintes configurações de sistema:

- sistema mestre-escravo;
- sistema mestre-mestre (passagem de *token*);
- combinação dos dois.



VOCÊ SABIA?

O histórico de manutenção comprova que, quando ocorrem problemas em uma rede *Profibus*, cerca de 90% dos casos são provocados pela incorreta ligação ou instalação. Esses problemas podem ser facilmente solucionados com o uso de equipamentos de teste, os quais detectam falhas nas conexões.

O *Profibus* está dividido em três famílias denominadas *Communications Profiles*, conforme descrito no Quadro 4.

FAMÍLIA	DESCRIÇÃO
<i>Profibus-DP</i> (<i>Decentralized Periphery</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • Primeira versão criada e especializada na comunicação entre sistemas de automação e equipamentos periféricos distribuídos; • Possui alta velocidade, com conexão de baixo custo, sendo a mais utilizada; • Projetada especialmente para a comunicação entre sistemas de controle de automação e suas respectivas entradas e saídas (I/O); • Pode ser usada para substituir a transmissão de sinais em 24 Vcc em sistemas de automação de manufatura, bem como, para a transmissão de sinais de 4 a 20 mA ou Hart, em sistemas de automação de processo.
<i>Profibus-FMS</i> (<i>Fieldbus Message Specification</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • É uma rede de grande capacidade para comunicação de dispositivos inteligentes, tais como: computadores, controladores lógicos programáveis e outros sistemas inteligentes que impõem alta quantidade de transmissão de dados; • É um perfil universal (aceita qualquer equipamento) para tarefas de comunicação complexas; • Esse tipo de rede está sendo substituído pela rede <i>Ethernet</i> TCP/IP, que realiza a mesma funcionalidade do <i>Profibus-FMS</i>.
<i>Profibus-PA</i> (<i>Process Automation</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • É uma rede para a interligação de instrumentos analógicos de campo e para transmissores de pressão, vazão, temperatura, etc; • Possui uma grande utilização em barramentos de campo, geralmente chamados de <i>Fieldbus</i>.

Quadro 4 - As três famílias *Profibus*.
Fonte: SENAI-RS.

4.2.2 TIPOS DE COMUNICAÇÃO

Profibus é uma rede que admite mestres múltiplos. A especificação desses barramentos de campo estabelece dois tipos de dispositivos:

- dispositivo mestre: os dispositivos mestres, também chamados de estações ativas, determinam a comunicação de dados no barramento. Um mestre pode enviar mensagens, sem uma requisição externa, sempre que possuir o direito de acesso ao barramento (*token*);
- dispositivo escravo: os escravos, também chamados de estações passivas, não possuem o direito de acesso ao barramento, apenas confirmam o recebimento de mensagens ou respondem a uma mensagem enviada por um mestre. Os escravos são dispositivos remotos (de periferia), tais como módulos de entrada e saída (I/O), válvulas, acionamentos de velocidade variável e transdutores.

4.3 FIELDBUS FOUNDATION

A *Fieldbus Foundation* (FF) é uma rede digital, voltada para a área industrial, cujo desenvolvimento levou mais de dez anos para ser concluído.

Há dois tipos de rede FF:

- velocidade baixa: estabelecida para a interligação de instrumentos (H1 – 31,25 kbps);
- velocidade alta: utilizada para integração das demais redes e para a ligação de dispositivos de alta velocidade, como CPs (HSE – 100 Mbps).

A rede H1 é o meio físico de comunicação entre os instrumentos de campo. Sua velocidade é de 31,25 Kbps, o que proporciona vantagens em relação à instrumentação convencional 4 a 20 mA:

- diminuição no número de cabos, painéis, borneiras, fontes de alimentação, conversores e espaço na sala de controle;
- alimentação do instrumento é feita pelo mesmo cabo de sinal;
- opções de segurança intrínseca;
- grande capacidade de diagnóstico dos instrumentos;
- suporte para *asset management*: capacidade de realizar funções de diagnóstico, configuração, calibração via rede permitindo minerar dados de instrumentação em tempo real, de modo a garantir uma manutenção proativa, otimizando os recursos para atender melhor as necessidades;
- capacidade do instrumento em *auto sensing* (autorreconhecimento) facilitando a instalação e *download* de parâmetros;
- redução nos custos de engenharia, instalação e manutenção;
- maior confiabilidade no sistema de automação devido à precisão do sinal recebido, com resolução alta e livre de distorções.

Essa rede destaca-se, principalmente, pela redução nos equipamentos necessários para a instalação de instrumentos em uma área classificada. O exemplo ilustrado na Figura 20 demonstra a quantidade de barreiras de segurança intrínseca necessárias.

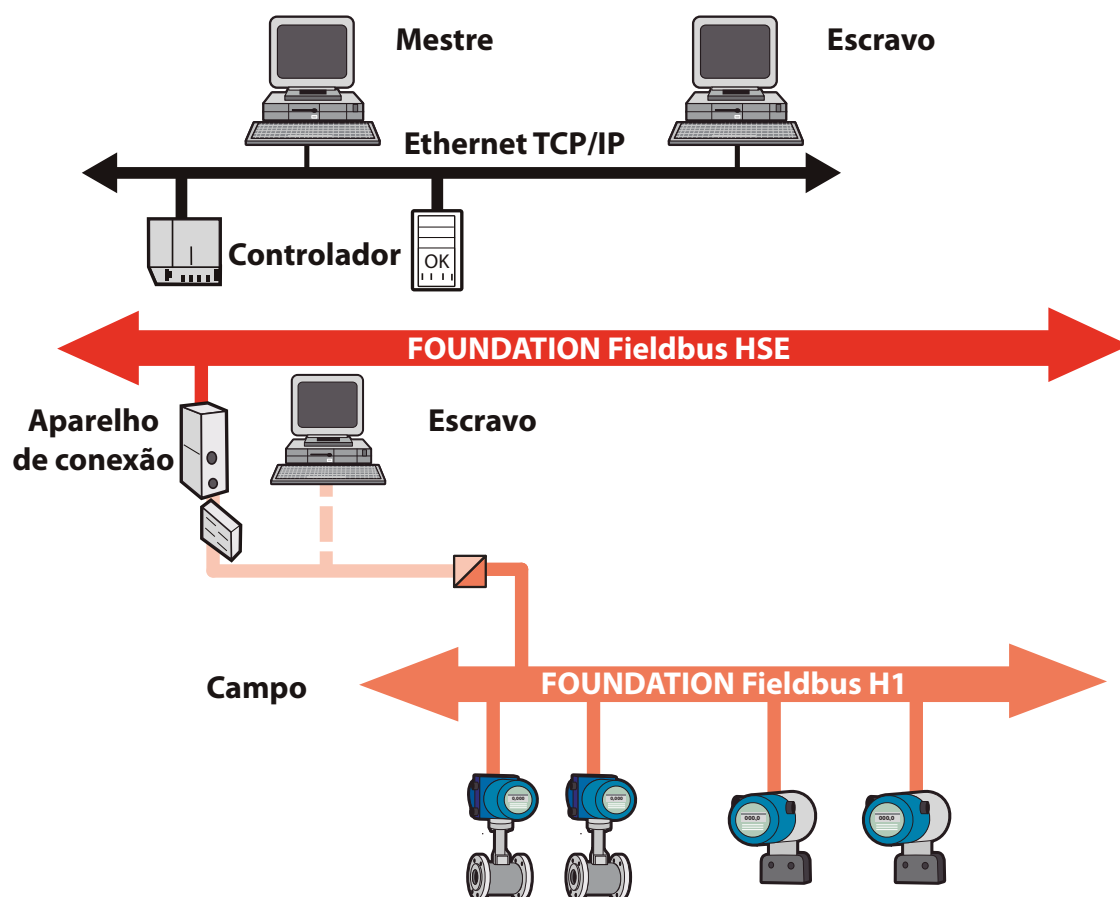


Figura 20 - Rede Fieldbus.
Fonte: SENAI-RS.



**SAIBA
MAIS**

Para conhecer melhor o protocolo *Fieldbus Foundation*, acesse o site da organização:
www.fieldbus.org/

4.3.1 ARQUITETURA DO SISTEMA

A tecnologia *Fieldbus H1* é formada por três camadas: física, de usuário e *stack* de comunicação. Essa tecnologia foi desenvolvida com base no modelo OSI da ISO. A camada de usuário do *Fieldbus* não existe no modelo OSI. Já a camada física, corresponde à camada física do padrão ISO. O *stack* de comunicação possui a camada de acesso ao meio, à camada de aplicação, que é o *Fieldbus Message Specification* (FMS), e o *Fieldbus Access Sublayer* (FAS) que mapeia o FMS nas funções da DLL.

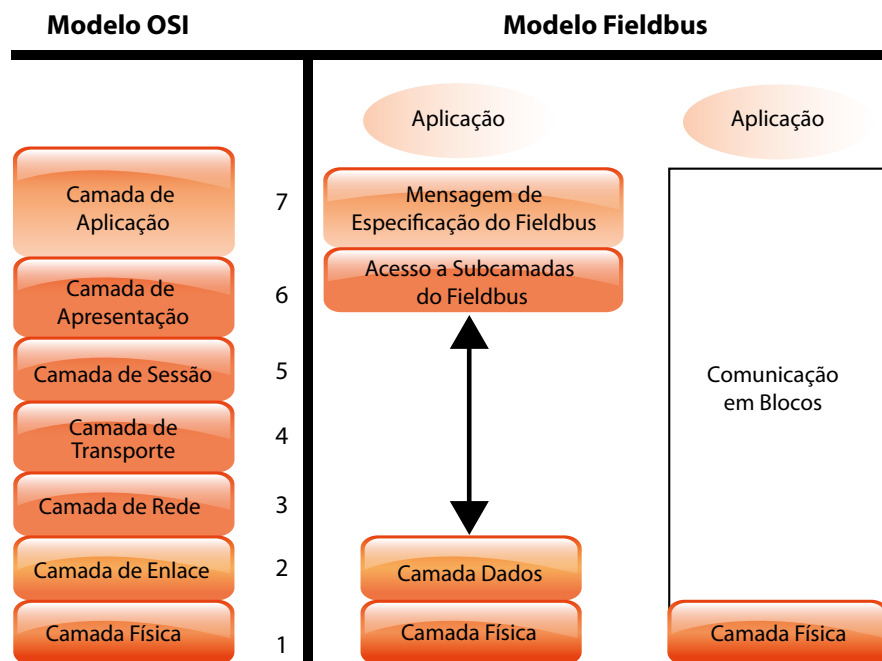


Figura 21 - Arquitetura Fieldbus.
Fonte: SENAI-RS.

4.3.2 VALIDAÇÃO DE UMA REDE FF-H1

A validação de uma rede FF-H1 depende de algumas regras básicas:

- a rede é formada por uma linha tronco com *stubs* ou *spurs*. A linha tronco deve ter um terminador passivo;
- a linha tronco deve ter um comprimento (soma de todos os *stubs*) máximo de 1900 m;
- em uma conexão não intrinsecamente segura, com fonte de alimentação separada do sinal de alimentação, o número de instrumentos na rede pode ser de 2 a 32;
- em conexões que não necessitam o emprego de SI, o número de instrumentos da rede pode ser 1 a 12;
- em uma conexão que usam SI e os instrumentos recebem a sua alimentação diretamente do cabo de comunicação, o número de instrumentos na rede pode ser de 2 a 6;
- para regenerar o sinal, após excedida a especificação de distância máxima, utiliza-se repetidores. O número máximo de repetidores é quatro. A distância máxima entre dois instrumentos quaisquer não deve exceder 9500 m;
- o comprimento dos *stubs* deve ser calculado, obedecendo aos dados da Tabela 2 a seguir.

Tabela 1: Cálculo do comprimento dos *stubs*.

TOTAL DISPOSITIVOS POR REDE	UM DISP. POR SPUR (M)	DOIS DISP. POR SPUR (M)	TRÊS DISP. POR SPUR (M)	QUATRO DISP. POR SPUR (M)	COMPRIMENTO MÁXIMO TOTAL (M)
1 - 12	120	90	60	30	439
13 - 14	90	60	30	1	384
15 - 18	60	30	1	1	329
19 - 24	30	1	1	1	220
25 - 32	1	1	1	1	10

Fonte: SENAI-RS.

4.4 ETHERNET TCP/IP

Atualmente, não podemos falar de redes sem falar do TCP/IP. O conjunto de protocolos, originalmente desenvolvido pela U.S. *Department of Defense Advanced Research Projects Agency*, tornou-se o principal protocolo de indústrias como: IBM (SNA), Microsoft (NetBIOS/NetBEUI) e Novell (IPX/SPX).

O fato de não ter nenhuma grande empresa ligada ao desenvolvimento do TCP/IP, pode ter sido a principal razão de seu sucesso, pois possibilitou o emprego em diversos tipos de hardware e sistemas operacionais.

A rede *Ethernet* é mundialmente utilizada nos controladores programáveis. Levar a *Ethernet* TCP/IP para a indústria e torná-la uma das redes com maior crescimento nesse setor foi um grande desafio. É utilizada em diversas redes que necessite de comunicação entre PCs, sistemas de supervisão e interligação aos sistemas IT. A tendência é que o seu uso cresça ainda mais em aplicações de entradas/saídas descentralizadas e ainda em outros equipamentos, como variadores de velocidade e até sensores.

Como o tempo em uma fábrica é algo extremamente importante, é necessário haver uma comunicação em tempo real. A enorme popularidade, desempenho, baixo custo e a comunicação com os PCs tornaram a *Ethernet* atrativa para aplicações industriais.



VOCÊ SABIA?

O desenvolvimento das interfaces gráficas, a evolução dos processadores e a crescente oferta do TCP/IP, por parte empresas, para suas plataformas, com desempenho igual ou às vezes superior aos outros protocolos permitiu que o TCP/IP, antes considerado um protocolo bastante pesado (exigindo muita memória e hardware) se tornasse um protocolo indispensável. Atualmente, é descrito como "*The Master of the Network*" (O Mestre das Redes), pois a maioria das redes exige a sua utilização para acessos internos e externos.

4.4.1 MODELO DE COMUNICAÇÃO

O acesso ao meio em uma rede *Ethernet* é feito pelo método CSMA/CD *Carrier Sense Multiple Access/ Collision Detection* (CSMA/CD). Isso significa que, se dois nós, em diferentes localizações, tentam enviar dados ao mesmo tempo, o resultado será uma colisão dentro do meio físico. Se houver essa colisão, as mensagens são destruídas e a cada nó é atribuído um período de espera até uma nova tentativa de emissão de mensagem.

Há regras que evitam conflitos na rede e protegem a integridade dos dados, fazendo com que os nós identifiquem o instante certo para iniciarem a transmissão.

4.4.2 DIFERENTES NÍVEIS DE APLICAÇÃO

Algumas organizações desenvolveram, a partir dos seus protocolos, níveis de aplicação para *Ethernet* TCP/IP. Atualmente, os mais conhecidos são:

- *Modbus/TCP* (*Modbus* sobre TCP/IP);
- *EtherNet/IP* (*ControlNet/DeviceNet* sobre TCP/IP);
- *Foundation Fieldbus High Speed Ethernet*;
- *Profinet* (*Profibus* sobre *Ethernet*).

4.4.3 SERVIÇOS TCP/IP

Existem alguns serviços universais em *Ethernet*, conforme podemos observar no Quadro 5.

SERVIÇO	DESCRIÇÃO
HTTP (<i>Hipertext Transfer Protocol</i>)	É utilizado desde 1990 para transmitir páginas <i>web</i> entre um servidor e um <i>browser</i> .
DHCP (<i>Dynamic Host Configuration Protocol</i>)	É utilizado para atribuir automaticamente endereços IP a equipamentos numa rede. A Telemecanique utiliza o DHCP para implementar o serviço FDR (<i>Faulty Device Replacement</i>), na substituição de um equipamento, automaticamente.
FTP (<i>File Transfer Protocol</i>)	Permite uma partilha básica de arquivos. Muitos sistemas utilizam esse serviço para troca de arquivos entre equipamentos.
NTP (<i>Network Time Protocol</i>)	É utilizado para sincronização de tempo por um servidor de tempo, com precisão na ordem dos milissegundos para uma LAN (<i>Local Area Network</i>) e das dezenas de milissegundos para uma WAN (<i>Wide Area Network</i>).
SMTP (<i>Simple Mail Transfer Protocol</i>)	Serve para transmissão de <i>e-mail</i> . É utilizado para enviar mensagens entre um emissor e um receptor via servidor de e-mail SMTP.
SNMP (<i>Simple Network Management Protocol</i>)	Permite gerir de forma simples os equipamentos de uma rede por meio de um único sistema. Possibilita ao gestor da rede ver os equipamentos e o estado da rede, modificar a sua configuração e ver os alarmes em caso de falha.
COM/DCOM (<i>Distributed Component Object Model</i>)	Tecnologia usada nos componentes <i>Windows</i> que lhes permite comunicar de modo transparente. Essa é a tecnologia utilizada no servidor de dados OPC.
Modbus TCP/IP	Permite encapsular as tramas <i>Modbus</i> na <i>Ethernet</i> . Foi-lhe atribuído um porto específico de serviço <i>Ethernet</i> : 502. É o protocolo de maior difusão <i>Ethernet</i> no meio industrial (<i>standard</i>). Possibilita a utilização de anéis (redundância) com equipamento específico.
I/O Scanning	É utilizado para gerir as trocas com E/S distribuídas numa rede <i>Ethernet</i> , sem necessidade de programação especial.
FDR (<i>Faulty Device Replacement</i>)	Utiliza o BOOTP/DHCP, com o objetivo de simplificar a manutenção dos equipamentos em <i>Ethernet</i> . Permite que um equipamento em falha seja substituído por um novo, garantindo a sua detecção, reconfiguração e inicialização automática do sistema, sem necessidade de intervenção manual.
Global Data	Assegura trocas de dados em tempo real entre os diversos equipamentos que pertençam ao mesmo grupo. É utilizado para sincronizar aplicações remotas, ou partilhar uma base de dados comum entre diversas aplicações distribuídas.

Quadro 5 - Serviços universais em *Ethernet*.
Fonte: ADAPTADO DE SCHNEIDER ELECTRIC, 2007.

4.4.4 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

A *Ethernet* industrial, embora seja semelhante à *Ethernet* normal, é mais robusta em termos de componentes e testes, pois foi projetada para ser utilizada em fábricas. A ligação entre equipamentos pode ser feita por meio de diversos meios físicos:

- **ligação em cobre:** a ligação física em cobre mais utilizada é o 10 Base-T ou 100 Base-TX, que utiliza cabo UTP (não blindado) ou STP (blindado) com fichas RJ45;

- **ligação óptica:** a fibra óptica é formada por um fio fino de vidro que conduz vibrações de raio de luz. Esse tipo de cabo não transmite frequências elevadas. A perda de energia ao longo do cabo é mínima. A fibra óptica é imune a interferências eletromagnéticas. A ligação pode ser com fibra monomodo (até 15 km) ou multimodo (até 3 km).

4.4.5 ELEMENTOS DE ESTRUTURAÇÃO DA REDE

A estrutura da rede é formada por diversos componentes, conforme apresenta o Quadro 6.

COMPONENTE	DESCRIÇÃO
Hubs	Utilizados para interligar dois ou mais segmentos ou equipamentos <i>Ethernet</i> . Podem também servir para aumentar a distância máxima do segmento (funciona como repetidor, amplificando o sinal). Um <i>hub</i> recebe qualquer sinal e retransmite-o a todas as portas.
Switches	Faz um encaminhamento inteligente das mensagens, dividindo a rede em domínios de colisão, o que vai permitir reduzir o tráfego na rede geral. Não retransmite as mensagens a todas as portas, mas apenas àquela em que estará o receptor da mensagem.
Roteador (Router)	Equipamento com duas ou mais interfaces para duas ou mais redes. Interligam diferentes LANs, filtrando as mensagens pelo seu endereço IP. Um router pode também ser um <i>host</i> (computador com uma ou mais redes interligadas e que não tem a capacidade de fazer <i>routing</i>).
Gateway	Porta de ligação entre diferentes sistemas. Equipamento intermediário geralmente destinado a interligar redes, separar domínios de colisão, ou mesmo traduzir protocolos. É também um <i>host</i> e pode ser um <i>router</i> .
LAN	É o número máximo de equipamentos por rede: 1024 (ao utilizar um <i>router</i> , pode-se criar novas redes).

Quadro 6 - Componentes da estrutura da rede.
Fonte: ADAPTADO DE SCHNEIDER ELECTRIC, 2007.



RECAPITULANDO

Neste livro, entendemos porque os fabricantes passaram a implementar um sistema aberto para permitir a troca de informações por equipamentos fornecidos de diferentes fabricantes. O resultado desse processo foi a criação do modelo da ISO conhecido como OSI, que é utilizado até hoje.

Aprendemos que o sistema aberto de comunicação nos permite escolher a melhor solução dentre os vários fabricantes. O acesso a novas tecnologias, baseadas em uma plataforma padrão, possibilita um menor investimento em novos equipamentos, pois reduz os custos, uma vez que esses equipamentos aceitam *softwares* já existentes.

Estudamos a classificação geral das redes industriais, desde sua topologia física, modelo de rede, método de troca de dados, até os tipos de conexões, modo de transmissão, sincronização de *bits* e modo de operação. Soubemos como identificar a forma que é feita a troca de dados entre os equipamentos de uma rede, para que se possa obter maior eficiência e confiabilidade no desenvolvimento de sistemas automatizados.

Conhecemos a importância dos protocolos de comunicação industrial e sua utilização entre os vários fabricantes de equipamentos, como o *Modbus*, o *Profibus*, atualmente o mais empregado nas indústrias, o *Fieldbus Foundation*, com grande aplicação na indústria petrolífera para controle e instrumentação desses processos e o principal protocolo de indústrias, a *Ethernet TCP/IP*, que possibilitou a implementação e utilização em diversas aplicações e em praticamente todos os tipos de hardware e sistemas operacionais existentes.

REFERÊNCIAS

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG. **DIN 19245**: measurement and control: profibus: process field bus: data transmission technic, medium access methods and transmission protocol, service interface to the application layer, management. Berlin, 1991.

EUROPEAN COMMITTEE FOR ELECTROTECHNICAL STANDARDIZATION. **EN 50170**: general purpose field communication system. Brussels, 1996.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. **IEC 61158-1 ed.1.0**: industrial communication networks: Fieldbus specifications: part 1: overview and guidance for the IEC 61158 and IEC 61784 series. Geneva, 2014.

_____. **IEC 61784-1 ed 4.0**: industrial communication networks: profiles: part 1: *fieldbus* profiles. Geneva, 2014.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO/IEC 8326**: information technology: open systems interconnection: session service definition. Geneva, 1996.

_____. **ISO/IEC 8327-1**: information technology: open systems interconnection: connection-oriented session protocol: protocol specification. Geneva, 1996.

_____. **ISO/IEC 8823-1**: information technology: open Systems Interconnection: connection-oriented presentation protocol: protocol specification. Geneva, 1994.

_____. **ISO/IEC 8824-1**: information technology: Abstract Syntax Notation One (ASN.1): specification of basic notation. Geneva, 2008.

MODBUS.ORG. **Modbus over serial line** specification and implementation guide V1.0. Hopkinton, 2002. Disponível em: <http://www.modbus.org/docs/Modbus_over_serial_line_V1.pdf>. Acesso em: 20 out. 2014.

SCHNEIDER ELECTRIC. **Redes de comunicação industrial**. Carnaxide, Portugal: Schneider Electric, 2007.

SENAI – DEPARTAMENTO NACIONAL
UNIDADE DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA – UNIEP

Felipe Esteves Pinto Morgado
Gerente Executivo

Nathália Falcão Mendes
Gestora do Programa SENAI de Capacitação Docente

SENAI – DEPARTAMENTO REGIONAL DO RIO GRANDE DO SUL

Claiton Oliveira da Costa
Coordenação da Gerência de Desenvolvimento Educacional no Departamento Regional

Fernando R. G. Schirmbeck
Coordenação Técnica

João Charles dos Santos
Marcelo Luiz de Quadros
Elaboração

Marcelo de Quadros
Revisão Técnica

Enrique S. Blanco
Patricia C. da S. Rodrigues
Design Educacional

Aurélio Rauber
Direção de Arte

Bárbara Polidori Backes
Editoração

Aurélio Rauber
Camila J. S. Machado
Rafael Andrade
Ilustrações

Roberta Triaca
Apoio a Normatização

Enilda Hack
Normatização

Duploklick
Revisão Ortográfica e Gramatical



*Iniciativa da CNI - Confederação
Nacional da Indústria*