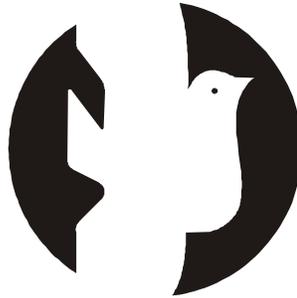


UNIVERSIDADE SÃO FRANCISCO
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA



UNIVERSIDADE
SÃO FRANCISCO

**REDES DE COMUNICAÇÃO PARA AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL:
PROFIBUS / ESTUDO DE CASO – COCAMAR INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA**

Área de Eletrônica da Universidade São Francisco de Itatiba-SP

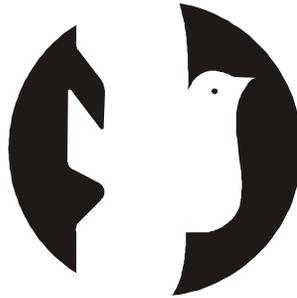
por

Robson Luis Barbieri, Autor
robsonbarbieri@gmail.com

Dra. Cíntia Kimie Aihara, Orientadora
cintia@fem.unicamp.br

Itatiba (SP), Novembro de 2005

UNIVERSIDADE SÃO FRANCISCO
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA



UNIVERSIDADE
SÃO FRANCISCO

**REDES DE COMUNICAÇÃO PARA AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL:
PROFIBUS / ESTUDO DE CASO – COCAMAR INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA**

Área de Eletrônica da Universidade São Francisco de Itatiba-SP

por

Robson Luis Barbieri

Relatório apresentado à Banca Examinadora do
Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia
Elétrica para análise e aprovação.
Orientador: Dra. Cíntia Kimie Aihara, **Professora**
da área de Engenharia

Itatiba (SP), Novembro de 2005

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS	v
LISTA DE FIGURAS.....	vi
LISTA DE TABELAS.....	vii
LISTA DE EQUAÇÕES	viii
RESUMO	ix
ABSTRACT	x
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. OBJETIVOS.....	3
1.1.1. Objetivo Geral.....	3
1.1.2. Objetivos Específicos.....	3
1.2. METODOLOGIA.....	3
1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO	4
2. Redes de Comunicação	5
2.1. CLASSIFICAÇÃO DAS REDES DE COMUNICAÇÃO	5
2.2. REDES INDUSTRIAIS.....	6
2.3. APLICAÇÕES DAS REDES	7
2.4. TOPOLOGIAS DE REDES.....	7
2.4.1. Redes de Ligação ponto-a-ponto	7
2.4.2. Redes de Ligação Multiponto	8
2.5. HISTÓRICO DAS REDES DE COMUNICAÇÃO	9
2.5.1. O RM-OSI.....	9
2.5.2. Projeto MAP.....	14
2.5.3. Projeto TOP.....	15
2.5.4. Projeto IEEE 802	16
2.6. TECNOLOGIA PROFIBUS.....	23
2.6.2. Características Básicas.....	26
2.6.3. Perfil de Comunicação DP.....	35
2.6.4. Perfil de Comunicação FMS.....	44
2.6.5. Perfil de Aplicação (Application Profile)	48
2.6.6. Desenvolvimento de Dispositivos.....	54
2.6.7. Opções de Implementação	57
2.6.8. Certificação de Dispositivos.....	59
2.6.9. Novos Desenvolvimentos Técnicos	60
3. Estudo de Caso.	63
3.1. COCAMAR.....	63
3.2. DESCRIÇÃO DO PROJETO.....	63
3.3. INVESTIMENTOS	64

3.4. ARQUITETURA DO SISTEMA	64
3.5. DISTÂNCIAS ENVOLVIDAS	69
3.6. FABRICANTES E EQUIPAMENTOS	70
3.6.1. Acionamento Discreto	70
3.6.2. PROFIBUS PA	71
3.6.3. Equipamentos de Campo	72
3.7. HISTÓRICO DA SHW COM PROFIBUS	74
3.8. VISÃO DA SHW	74
3.9. VISÃO DO USUÁRIO	75
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	76
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77

LISTA DE ABREVIATURAS

ASIC	Circuito Integrado de Aplicação Específica (<i>Application Specific Integrated Circuit</i>)
CR	Referência de Comunicação (<i>Communication reference</i>)
CRL	Lista de referência de Comunicação (<i>Communication reference list</i>) O CRL contém uma lista com todos os relacionamentos de uma estação
DP	Periferia descentralizada (<i>Decentralized Periphery</i>)
DPM1	Mestre DP – Classe 1: O DPM1 é o controlador programável central para o DP.
DPM2	Mestre DP – Classe2 : O DPM2 é um dispositivo de configuração do DP.
EDD	Descrição Eletrônica do Dispositivo
FDL	Link de Dados Fieldbus
FDT	Tipo de Dispositivo Fieldbus: Método independente do fabricante para descrições de um dispositivo
FMS	Fieldbus message specification
GSD	Arquivo de Base de Dados do Dispositivo Folha de dados eletrônica do dispositivo
HMI	Interface Homem Máquina: Dispositivos de monitoração e operação
MAC	Controle de Acesso ao Meio: O MAC decide quando um dispositivo tem o direito de enviar dados.
PA	Automação de Processo: Perfil PROFIBUS para automação de processo

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Redes LAN e WAN [www.projetoderedes.com.br]	5
Figura 2.2 – diferentes topologias de redes ponto-a-ponto	8
Figura 2.3 – Algumas topologias de redes de difusão	8
Figura 2.4 – Rede em anel [www.projetoderedes.com.br]	9
Figura 2.5 – Os níveis do sistema RM – OSI	10
Figura 2.7: Profibus e Ethernet [4]	24
Figura 2.8: Estrutura da tecnologia Profibus [4]	24
Figura 2.9 - Arquitetura do Protocolo[4]	26
Figura 2.10 - Ligação e Terminação para o RS-485 [4]	28
Figura 2.11 - Opções para conectores PROFIBUS IP65/67 [4]	29
Figura 2.12 - Sistema com alimentação de dispositivos em uma rede PROFIBUS e IEC 61158-2 [4]	31
Figura 2.13 - Configuração PROFIBUS com 3 estações ativas (mestres) e 7 estações passivas (escravas).	33
Figura 2.14 - Tempo de ciclo de um sistema PROFIBUS-DP mono-master[4]	37
Figura 2.15 - Sistema Mono-mestre PROFIBUS-DP[4]	38
Figura 2.16 - Transmissão cíclica de dados do usuário no PROFIBUS-DP[4]	40
Figura 2.17 - Endereçamento nos serviços acíclicos de leitura e escrita dos serviços do PROFIBUS-DP[4]	42
Fig. 2.18 - Virtual field device (VFD) with object dictionary (OD)[4]	45
Figura 2.19 - Serviços FMS[4]	46
Figura 2.20: seqüência de um serviço FMS[4]	47
Figura 2.21: Configuração típica de um sistema em automação de processo[10]	49
Figura 2.22: Comparação entre ligações convencionais e PROFIBUS[10]	50
Figura 2.23: Ilustração dos parâmetros no perfil do PROFIBUS-PA[10]	51
Figura 2.24: No perfil ProfiSafe, dispositivos failsafe podem comunicar-se via PROFIBUS[10]	53
Figura 2.25: Arquivos GSD permitem configuração aberta[10]	55
Figura 2.26: Exemplo de implementação de escravo PROFIBUS com interface IEC 61158-2[10]	58
Figura 2.27: Integração da Ethernet na comunicação PROFIBUS[10]	60
Figura 2.28: Tempo de ciclo do barramento com sincronização de clock[10]	61
Figura 3.1: Foto Cocamar – Fonte [www.cocamar.com.br]	63
Figura 3.2: Arquitetura: Automação abrangente PROFIBUS [Siemens/Cocamar]	65
Figura 3.3: Painel com PLC S7 416-2 DP e DP/ASi Links [Cocamar]	65
Figura 3.4: Instrumentos Profibus-PA no campo [Cocamar]	66
Figura 3.5: Estações de Supervisão e Operação [Cocamar]	66
Figura 3.7: Simatic Manager [Siemens]	68
Figura 3.8: Simatic PDM [Siemens]	69
Figura 3.9: PLC Simatic S7-400 [Siemens]	71
Figura 3.11: Transmissor de Temperatura	73
Figura 3.12: Transmissor de Pressão	73
Figura 3.13: Posicionador	73

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – velocidade de comunicação e os pares trançados (fonte – WWW FF).....	22
Tabela 2.2: Características do RS485	28
Tabela 2.3: Distâncias baseadas em velocidade de transmissão para cabo Tipo A.....	28
Tabela 2.4 - Características da IEC 61158-2.....	30
Tabela 2.6 - Especificação do cabo para IEC 61158-2	31
Tabela 2.7 - Alimentação padrão	32
Tabela 2.8 - Comprimentos de linha para IEC 61158-2.....	32
Tabela 2.9 - Propriedades das fibras ótica	33
Tabela 2.10 - Serviços da camada de segurança de dados (Data Link Layer)	35
Tabela 2.11 - Funções básicas do PROFIBUS-DP	36
Tabela 2.12: Parâmetros dos bloco de função saída analógica (AI)	52
Tabela 2.13: Componentes disponíveis para protocolo PROFIBUS	57

LISTA DE EQUAÇÕES

RESUMO

BARBIERI, Robson L., Redes de Comunicação para Automação Industrial: PROFIBUS / Estudo de Caso COCAMAR Ind. Alimentícia. Itatiba, 2005. 87pgs., Universidade São Francisco, Itatiba, 2004.

Neste trabalho procurou-se estudar a aplicação das redes de comunicação em automação. Nossa ênfase se faz em cima do padrão aberto de Redes Profibus onde abordaremos suas principais características, princípios de funcionamento, quais as vantagens por se optar por um padrão aberto de rede, etc.

Estudaremos por fim uma aplicação com redes em uma indústria alimentícia, a Cocamar onde veremos pelo ponto de vista do usuário, quais foram os pontos que fizeram o usuário a optar pelo profibus e quais foram suas expectativas em relação aos investimentos.

Estudos como estes são imprescindíveis para a atualização do conhecimento tecnológico, no ensino dos usuários no sentido de conhecerem a tecnologia que esta diferenciando a automação e sua competitividade. A experiência tem demonstrado que as empresas e profissionais que relutam em acompanhar as evoluções são deixados para trás.

Palavras chaves: Automação, Redes de Comunicação, Profibus.

ABSTRACT

BARBIERI, Robson L., Networks of Communication for Industrial Automation: PROFIBUS / Study of Case COCAMAR Ind. Nutritious. Itatiba, 2005. 87pgs., University San Francisco, Itatiba, 2004.

In this work it tried to study the application of the communication networks in automation. Our emphasis makes herself on top of the pattern open of Profibus networks where we will approach its main characteristics, operation beginnings, which the advantages for opting for a pattern open of net, etc.

We will finally study an application with nets in a nutritious industry, Cocamar where we will see for the user's point of view, which the points that made the user to opt for the profibus were and which were its expectation in relation to the investments

Studies as this is indispensable for the modernization of the technological knowledge, in the teaching and of the users in the sense of they know the technology that this differentiating the automation and its competitiveness. The experience has been demonstrating that the companies and professionals that backward in accompanying the evolutions is left back.

Key words: Automation, Networks of Communication, Profibus.

Keywords: Automation, Networks, Profibus.

1. INTRODUÇÃO

Os países em desenvolvimento confrontam-se com o desafio da modernização de sua produção e da reestruturação dos processos de gestão. Os fatores da competitividade estão sendo redefinidos, fazendo sucumbir os incapazes de se adaptarem ao novo contexto e emergir novas empresas com base tecnológica.

Neste ambiente competitivo a capacidade de inovar tornou-se essencial. Não inovar é ficar para trás. Se é verdade que a inovação tem riscos, o imobilismo tem muito maiores. Bastara recordar exemplos conhecidos de empresas que pararam no tempo, e que agora clamam por apoio para sustentar unidades industriais e postos de trabalho.

Inovar é fazer coisas diferentes ou de outra maneira. É sair da rotina, é experimentar outras soluções ou mesmo formular outros problemas. É usar a criatividade para satisfazer necessidades não ou insuficientemente satisfeitas.

Nem sempre as inovações exigem desenvolvimentos tecnológicos efetuados no interior das empresas. Estas tem de dispor de uma capacidade básica de engenharia para integrar tecnologias disponíveis no mercado e apresentar respostas criativas como por exemplo na aplicação da automação.

Na economia globalizada a criatividade e a flexibilidade contam mais do que o controle de ativos físicos. A capacidade de identificar novas necessidades e de lhes dar respostas é relevante e uma indústria ao atender novas necessidades terá com certeza que modificar, modernizar seu método de produção e sem duvidas um dos caminhos é a automação. Porém a modernização não deve ser realizada com o sistema convencional mas sim com a aplicação da automação com redes de comunicação uma tecnologia que esta mudando completamente o mercado da automação industrial e entre os diversos tipos de redes a rede profibus um barramento de comunicação digital para integrar os equipamentos de campo com o sistema de controle.

A tecnologia da informação tem sido determinante no desenvolvimento da tecnologia da automação, alterou hierarquias e estruturas no ambiente dos escritórios e chega agora ao ambiente industrial nos seus mais diversos setores, desde as indústrias de processo e manufatura até prédios e sistemas logísticos. A capacidade de comunicação entre dispositivos e o uso de mecanismos padronizados, abertos e transparentes são componentes indispensáveis do conceito de automação de hoje. A comunicação vem se expandindo rapidamente no sentido horizontal nos níveis inferiores (*field level*), assim como no sentido vertical integrando todos os níveis hierárquicos. De acordo com as características da aplicação e do custo máximo a ser atingido, uma combinação gradual de diferentes sistemas de comunicação, tais como Ethernet, PROFIBUS e AS-Interface, oferece as condições ideais de redes abertas em processos industriais.

No nível de atuadores/sensores o AS-Interface é o sistema de comunicação de dados ideal, pois os sinais binários de dados são transmitidos via um barramento extremamente simples e de baixo custo, juntamente com a energia (24Vdc) necessária para alimentar estes mesmos sensores e atuadores. Outra característica importante é que os dados são transmitidos ciclicamente, de uma maneira extremamente eficiente e rápida.

No nível de campo, a periferia distribuída, tais como módulos de E/S, transdutores, acionamentos (*drives*), válvulas e painéis de operação, comunicam-se com sistemas de automação via um eficiente sistema de comunicação em tempo real, o PROFIBUS DP ou PA. A transmissão de

dados do processo é efetuada ciclicamente, enquanto alarmes, parâmetros e diagnósticos são transmitidos aciclicamente, somente quando necessário.

No nível de célula, os controladores programáveis, tais como CLP's e PC's comunicam-se uns com os outros, o que requer grandes pacotes de dados e um grande número de funções poderosas de comunicação. Além disto, uma integração eficiente aos sistemas de comunicação corporativos existentes, tais como: Intranet, Internet e Ethernet é um requisito absolutamente mandatório, o que o PROFIBUS FMS e o PROFINet podem suprir.

A revolução da comunicação industrial na tecnologia da automação está revelando um enorme potencial na otimização de sistemas de processo e tem feito uma importante contribuição na direção da melhoria no uso de recursos.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo Geral

Apresentar uma nova tecnologia a qual tem nos últimos anos revolucionado o mercado e o conceito de automação nos ambientes industriais.

1.1.2. Objetivos Específicos

Seguido de uma breve explanação do assunto, com o intuito de nivelar o embasamento teórico, a estrutura do documento procurar atender os seguintes objetivos.

- § Apresentar os conceitos e os princípios das redes de comunicação, como surgiram, conhecer os modelos que foram pioneiros e que com certeza impulsionaram o avanço até os dias de hoje;
- § Apresentar o padrão Profibus de redes comunicação para automação industrial, suas características e as vantagens que fazem com que cresça a cada dia o numero de aplicações com este conceito;
- § Analisar por fim em um estudo de caso, uma aplicação feita em uma industria alimentícia, abordando quais foram os pontos que fizeram a diferença na decisão de se partir para redes abertas de comunicação.

1.2. METODOLOGIA

O estudo teórico das redes de comunicação para automação industrial. Possível através de:

- § Pesquisa bibliográfica: foi necessário o embasamento em literaturas sobre Redes de computadores, protocolos, etc...
- § Pesquisa webgráfica: boa parte de tudo o que foi estudado até o momento proveio de sites da Internet, trabalhos científicos publicados, monografias, artigos etc.

Por fim o estudo de caso baseia em experiências vivenciadas em nossas vidas no ambiente profissional.

1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO

No capítulo 1 faz-se uma introdução ao trabalho, que desenvolve os estudos das aplicações das redes de comunicação em automação industrial.

No capítulo 2, tem-se um histórico das redes de comunicação, suas evoluções, conquistas até os protocolos atuais aprofundando em um estudo focado ao padrão aberto de redes de comunicação PROFIBUS apresentando suas características, funcionamento, vantagens e aplicações.

No capítulo 3, tem-se um estudo de caso de uma aplicação de redes de automação em uma indústria alimentícia.

Finalmente no capítulo 4, tem-se as conclusões e perspectivas futuras.

2. Redes de Comunicação

A nova ordem mundial tem como principal característica o fenômeno da globalização que está intimamente ligada à revolução da comunicação, que intensificou as relações em escala mundial, que ligou localidades distantes de tal maneira que acontecimentos locais são modelados por eventos ocorrendo a quilômetros de distancia e vice-versa.

A transformação local é uma parte da globalização quanto a extensão das conexões sociais através do tempo e espaço. Atualmente, a idéia da globalização esta nos quatro cantos do mundo. Não é um fato acabado, mas um processo em marcha.

Há pouco tempo, terminou um ciclo da historia e começou outro. Muitas coisas estão mudando no mundo, abrindo outras perspectivas políticas, sociais, econômicas, e tecnológicas. Essas características da globalização configurando a sociedade universal como uma sociedade civil mundial, porem o deslocamento das coisas, indivíduos e idéias. O fluxo mundial de informações, da-se de forma quase instantânea, em função da comunicação.

2.1. CLASSIFICAÇÃO DAS REDES DE COMUNICAÇÃO

As redes de comunicação, são classificadas em diversas categorias, atendendo-se ao critério de localidade, isto é, distancia entre usuários interligados pela rede (Fig 2.1) [2].

LAN'S – Local Área Networks – Redes Locais;
CAN'S – Campus Área Networks;
MAN'S – Metropolitan Area Networks;
WAN'S – Wide Area Networks.



Figura 2.1 – Redes LAN e WAN [www.projetoderedes.com.br]

2.2. REDES INDUSTRIAIS

Surgiram da necessidade de se interligar PC's PLC's que se proliferaram operando independentemente uns dos outros.

A interligação destes equipamentos em rede passou a permitir o compartilhamento de recursos e principalmente das bases de dados que passaram a ser únicas e não mais replicadas, dando mais segurança aos usuários da informação.

A fabricação de produtos ou o fornecimento de um serviço por parte de uma empresa põe em jogo uma série de atividades e etapas, dedicadas à manutenção e ao aprimoramento do produto ou serviço. A implementação destas etapas através de processos com maior ou menor grau de automatização fica a critério da empresa. A tendência de informatização crescente, por um lado, permite acelerar cada processo fazendo parte das atividades de fabricação de um produto ou serviço e por outro lado, cria uma nova necessidade no que diz respeito ao modo como as informações serão trocadas, processadas.

Os sistemas de automação e controle tem se apoiado cada vez mais em redes de comunicação, seja pela crescente complexidade dos processos industriais, pela distribuição geográfica que se tem acentuado nas novas instalações industriais e pela busca de melhores condições de competitividade.

Atualmente as vantagens dos sistemas distribuídos e interconectados são uma evidencia em praticamente todas as aplicações, controle de processos, automação da manufatura, automação de escritórios, passando pelo gerenciamento bancário, etc.

O nome rede de computadores, redes de comunicação ou simplesmente redes networks passou a ser usado em sentido lato para os sistemas completos interligados e em sentido restrito, somente para os sistemas de comunicação, meios, interfaces, software, etc, em virtude da ramificação das topologias de interconexão e da dispersão geográfica dos usuários interligados. A crescente utilização das redes, possui vários fatores motivadores. [2]:

- § Especialização funcional dos sistemas locais computadorizados;
- § Obtenção de dados confiáveis para tomada de decisões;
- § Redução de custos operacionais; investimento pelo compartilhamento de recursos; competitividade;
- § Acesso à infra estrutura administrativa e operacional normalmente restrita e certas áreas da empresa como banco de dados, correio eletrônico, etc;
- § Distribuição geográfica crescente resultante da diminuição de custos dos sistemas pela tecnologia do processamento distribuído;
- § Integração operacional que se torna, cada vez mais um fator de importância econômica CIM – Computer Integrated Manufeturing; CIB – Computer Integrated Busines;
- § Necessidade de implantação gradativa de sistemas na medida das necessidades e com expansão de acordo com a evolução das aplicações conseguindo-se, dessa forma, viabilizar técnica e economicamente a expansão de sistemas com novas tecnologias.

Assim praticamente não tem sido implementados sistemas que não incluam alguma forma de redes de comunicação industriais. Embora a disseminação de aplicação ser recentes, já há tempos

vem sendo desenvolvidos diferentes padrões de comunicação, buscando sempre estruturas que garantam a segurança na transmissão dos dados, bem como maior velocidade de transmissão. De forma geral, quando se está analisando o desempenho da rede, é usual colocar-se como primeira questão, qual é a taxa de transmissão de bits, para depois inquirir sobre o protocolo usado e finalmente sobre os demais dispositivos.

2.3. APLICAÇÕES DAS REDES

As redes apresentam-se na prática com uma grande diversidade em relação às suas aplicações, meios de transmissão, métodos de comunicação, etc, não existe uma forma genérica de rede que satisfaça os requisitos operacionais existentes em todas as aplicações. Para ilustrar esta situação consideramos alguns exemplos:

- § Redes no centro de processo de dados;
- § Redes em escritórios comerciais e técnicos;
- § Redes em informática industrial;
- § Redes barramento de campo;
- § Redes públicas;
- § Automação de processos e manufatura.

2.4. TOPOLOGIAS DE REDES

É a forma de distribuição e conexão dos diversos equipamentos de uma rede. Nos projetos, é um dos critérios mais importantes de classificação. As topologias podem ser [2]:

- § Ponto-a-ponto;
- § Multiponto,

2.4.1. Redes de Ligação ponto-a-ponto

Compostas de uma ou diversas linhas de comunicação, com cada linha sendo associada à conexão de um par de estações. Se duas estações querem se comunicar mas não há um compartilhamento de cabos, a comunicação é feita de modo indireto, através de uma terceira estação. Assim quando uma mensagem é enviada de uma estação a outra de forma indireta, ela será recebida integralmente por cada estação e uma vez que a linha de saída da estação esteja livre, retransmitida à estação seguinte (fig. 2.2). Esta política de transmissão é também conhecida por “store and forward”. Redes de longa distância, a maioria são do tipo ponto-a-ponto.

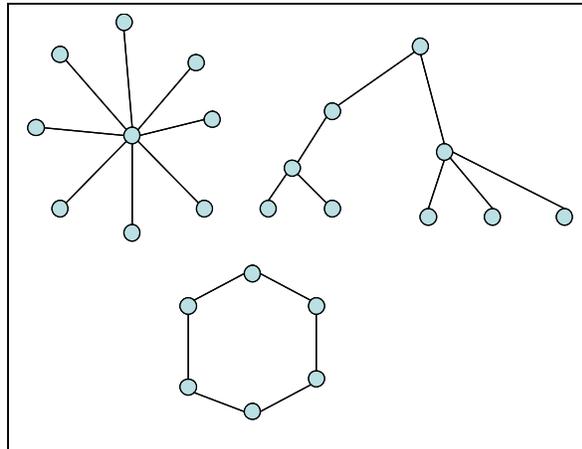


Figura 2.2 – diferentes topologias de redes ponto-a-ponto

2.4.2. Redes de Ligação Multiponto

Também denominadas de difusão ou broadcasting. São caracterizadas pelo compartilhamento, por todas as estações de uma linha única de transmissão. As mensagens enviadas por uma estação são recebidas por todas as outras conectadas a rede, sendo que um campo de endereço contido na mensagem permite identificar o destinatário (fig. 2.3). A maioria das redes locais e um pequeno número de redes de longa distância são deste tipo e existe a possibilidade de se enviar uma mensagem para todas as estações ou para sub grupos de estações multicasting.

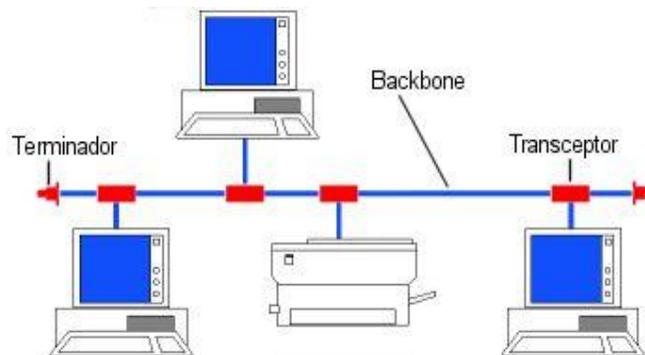


Figura 2.3 – Algumas topologias de redes de difusão. [www.projetoderedes.com.br]

Alguns tipos básicos de topologias dominam hoje o cenário:

- § Malha irregular;
- § Árvore e estrela;
- § Anel e barramento

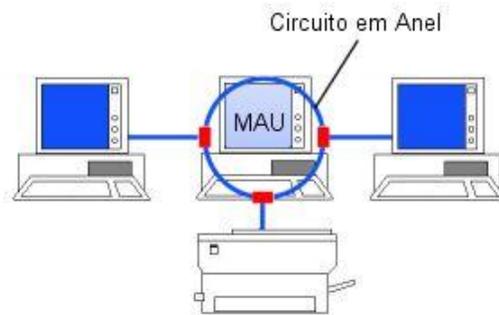


Figura 2.4 – Rede em anel [www.projetoderedes.com.br]

2.5. HISTÓRICO DAS REDES DE COMUNICAÇÃO

A comunicação de dados globalmente tornou-se uma realidade nos dias atuais. O desafio que a comunicação de voz representou para as gerações passadas volta atualmente, sob a forma de aplicações de telemática, em varias modalidades de troca de informação entre CLP's, computadores situados em ambientes remotos, conectados por sofisticada tecnologia. Para se compreender as diversas posturas, evoluções tecnológicas e atitudes políticas, relacionadas com a comunicação de dados, é necessário o conhecimento de sua historia.

A historia da comunicação de dados começou timidamente nos anos 60 quando alguns terminais deixaram o centro de processamento de dados para serem instalados “à distancia” e começaram a se comunicar com o “computador principal”. Nascia dessa forma o sistema de teleprocessamento cujo elemento central era o computados que alojava todas as aplicações e cuidava do funcionamento dos terminais remotos.

Teleprocessamento foi a tecnologia daqueles anos. Não obstante fosse caracterizada por aplicações centralizadas, a tecnologia de teleprocessamento permitiu a consolidação dos princípios de comunicação de dados bem como o surgimento de uma categoria de equipamentos destinados a compatibilizar a caráter digital dos sinais que carregavam a informação com o caráter analógico das vias de comunicação telefônica [5].

Percebeu-se então que a tecnologia envolvida na utilização remota do computador seria determinante nas décadas seguintes e que iria contribuir para o avanço de todas as outras atividades humanas. Cada fabricante, vislumbrando o potencial do novo mercado, investiu no desenvolvimento de uma tecnologia de teleprocessamento própria e com isso as redes de teleprocessamento obtiveram um enorme crescimento, tanto do ponto de vista de expansão geográfica quanto de variedade de aplicações. Havia porem um obstáculo: os usuários de um sistema de teleprocessamento necessitavam de acesso às aplicações pertencentes a outros sistemas e para tanto seria necessário interconectar os sistemas dos computadores.

2.5.1. O RM-OSI

O pioneiro mais importante, no final da década de 70, quando das redes de computadores caracterizava-se de um lado por enormes perspectivas de crescimento, mas de outro por uma “situação de crise” criada pela heterogeneidade dos padrões, protocolos e equipamentos de comunicação de dados existentes no mercado. Cada interessado havia definido, unilateralmente sua arquitetura: os fabricantes, as arquiteturas proprietárias; as operadoras de telecomunicações as

arquiteturas das redes publicas; e algumas entidades, como era o caso da ARPA, arquiteturas para atender as suas redes.

A grande importância da interconexão dos computadores, dispositivos através de redes de comunicação deu origem a uma necessidade que foi tornando-se evidente à medida que os desenvolvimentos neste domínio foram acentuando-se: a normalização das redes de comunicação, um modelo que viesse a sintetizar, de modo abstrato, o funcionamento de computadores integrados por redes, baseado nas experiências advindas do funcionamento dos sistemas de teleprocessamento, da rede ARPA e das redes publicas e proprietárias.

Face as necessidades de conciliar os interesses da industria e sociedade no seio da ISSO – Internation Organization for Standardization, houve uma união de esforços no sentido de definir uma proposta de arquitetura normalizada para as redes de comunicação. O resultado desse trabalho foi de fato a padronização de um modelo de referencia sobre o qual deveriam ser baseadas as arquiteturas de redes de comunicação de forma a permitir a interconexão de equipamentos heterogêneos, tornando transparentes ao usuário a interoperabilidade com outros sistemas de diferentes fabricantes [2].

Um sistema baseado em tal modelo de referencia é dito um sistema aberto uma vez que este está aberto à comunicação com diferentes equipamentos. A proposta da ISSO, definida numa serie de documentos elaborados entre 1978 e 1984, foi denominada de Modelo de Referencia para Interconexão de Sistemas Abertos ou RM – OSI – Reference Model for Open Systems Interconnection [2].

A receptividade em ao Modelo OSI foi enorme nos anos seguintes à sua divulgação. O Modelo OSI deve-se também a consolidação dos princípios de arquitetura de rede de comunicação de dados.

A arquitetura da rede é formada por níveis, interfaces e protocolos (fig. 2.5). Cada nível oferece um conjunto de serviços ao nível superior, usando funções realizadas no próprio nível e serviço disponíveis nos níveis inferiores.

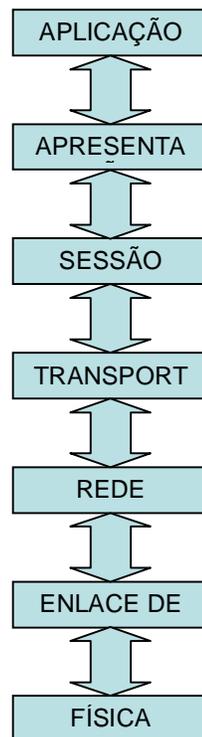


Figura 2.5 – Os níveis do sistema RM – OSI

2.5.1.1. Os Níveis do RM – OSI [1].

2.5.1.1.1. O nível Físico

O nível físico fornece as características mecânicas elétricas, funcionais e de procedimento para ativar, manter e desativar conexões físicas para a transmissão de bits entre entidades de nível de ligação, possivelmente através de sistemas intermediários.

Uma unidade de dados do nível físico consiste de um bit em uma transmissão serial ou “n” bits em uma transmissão paralela. O protocolo de nível físico deve estar dedicado à transmissão de uma cadeia de bits. Ao projetista deste protocolo cabe decidir como representar O/Is, quantos microsegundos durara um bit, se a transmissão será half-duplex ou full-duplex, como a conexão será estabelecida e desfeita, quantos pinos terá o conector da rede e quais seus significados, bem como outros detalhes elétricos e mecânicos.

A função do nível físico é a de permitir o envio de uma cadeia de bits pela rede sem se preocupar com o significado destes bits ou como são agrupados. Não é função deste nível tratar de problemas tais como erros de transmissão.

2.5.1.1.2. O nível de enlace de dados ou ligação.

O objetivo deste nível é detectar e opcionalmente corrigir erros que porventura ocorram ao nível físico. O nível de ligação vai assim converter um canal de transmissão não confiável em um canal confiável para o uso do nível de rede.

A técnica utilizada para se conseguir isto é a partição da cadeia de bits a serem enviados ao nível físico, em quadros cada um contendo alguma forma de redundância para detecção de erros.

Basicamente quatro métodos são utilizados na delimitação dos quadros: contagem de caráter, transparência de bits e detecção de quadros pela presença ou pela ausência de sinal no meio físico. A maioria dos protocolos de nível de ligação, principalmente aqueles para redes geograficamente distribuídas, se utilizam da transparência de bits.

2.5.1.1.3. O nível de Rede

O objetivo do nível de rede é fornecer ao nível de transporte uma independência quanto a considerações de chaveamento e roteamento associados com o estabelecimento e operação de uma conexão de uma rede.

Em redes ponto a ponto o nível esta ligado ao roteamento e a seus efeitos como por exemplo, controle de fluxo de dados.

Nas redes do tipo difusão, ou com uma única rota, devido à existência de um único canal, a função principal deste nível torna-se irrelevante. Este nível, neste caso, poderá ser utilizado para um protocolo entre redes: que é uma lacuna no modelo da ISSO.

2.5.1.1.4. O nível de Transporte

O nível de rede necessariamente não garante que a cadeia de bits chegue a seu destino. Pacotes podem ser perdidos ou mesmo reordenados, de forma a fornecer uma comunicação

verdadeiramente confiável, será necessário um outro protocolo, justamente o nível de transporte. Este nível vai, assim isolar os níveis superiores da parte de transmissão da rede.

As principais funções deste nível de protocolo é o gerenciamento do estabelecimento e desativação de uma conexão, o controle de fluxo e a multiplicação das conexões. Embora no modelo OSI apenas serviços orientados à conexão sejam definidos, um nível mais elaborado poderia oferecer comandos para envio e recebimento de datagramas e sinais de interrupção. Serviços orientados a transações e à difusão, embora não definidos, são sem dúvidas expansões futuras do modelo básico.

2.5.1.1.5. O nível de Sessão.

Como bem observado na referencia, o modelo da OSI é extremamente vago com a relação a este nível. Em varias redes ao nível de transporte cabe estabelecer e manter conexões entre estações, enquanto ao nível de sessão cabe estabelecer e manter conexões entre processos.

No entanto varias redes simplesmente ignoram o nível de sessão e mantém conexões de transporte entre processos. Uma vez que é bastante inconveniente ao usuário manipular com endereços de transporte, o nível de sessão pode permitir a referencia por nomes simbólicos ao processo de destino, fazendo assim o mapeamento com os endereços de transportes.

2.5.1.1.6. O nível de Apresentação

A função do nível de apresentação é a de realizar transformações adequadas nos dados, antes de seu envio ao nível de sessão. Transformações típicas dizem respeito à compreensão de textos, criptografia, conversão de padrões de terminais e arquivos para padrões e vice-versa.

O nível de apresentação deve conhecer a sintaxe de seu sistema local bem como a sintaxe do sistema de transferência.

Os serviços oferecidos por este são: transformação de dados, formação de dados, seleção de sintaxes e estabelecimento e manutenção de conexões de apresentação. Existe uma correspondência biunívoca entre os endereços de apresentação e de sessão. Não existe nenhum tipo de multiplexação neste de protocolo.

2.5.1.1.7. O nível de Aplicação

O nível de aplicação pode ser o mais alto nível do modelo ISO OSI. Vai fornecer seus serviços a usuários e não a níveis superiores de protocolos. O propósito do nível de aplicação é servir como janela entre usuários que querem se comunicar através do modelo ISSO OSI.

2.5.1.2. Funções principais das camadas do modelo OSI [members tripod, 1994].

2.5.1.2.1. Aplicação

§ Login & password

- § Forma de representar informação comum
- § Assegurar o início, desenvolvimento e fim das aplicações
- § Transferência de arquivos, acesso e manutenção
- § Formas de representação padrão
- § Tratamento de mensagens
- § Transferência de documentos
- § Acesso a base de dados
- § Videotexto, e-mail, etc.
- § Manutenção de sistemas
- § Protocolos industriais

2.5.1.2.2. Apresentação

- § Transferência de dados para tipos de dados comuns

2.5.1.2.3. Sessão

- § Passa endereços para locais nominativos
- § Estabelece e termina ligações
- § Transfere os dados
- § Controla o dialogo

2.5.1.2.4. Transporte

- § Passagem de informação do início até ao destino
- § Multiplexagem
- § Controle de fluxo

2.5.1.2.5. Rede

- § direciona pacotes de informação
- § estabelece a rota mais adequada
- § providencia os endereços
- § controla o trafego de rede
- § reconhece propriedades
- § envia informações na ordem correta

2.5.1.2.6. Enlace de dados ou ligação

- § Garante a integridade dos dados
- § Adiciona marcas de fim e início de mensagens
- § Fornece algoritmos de detecção e correção de erros
- § É responsável pela transferência dos dados
- § Fornece métodos de acesso à rede

2.5.1.2.7. Físico

- § Trata tensões e impulsos elétricos
- § Especifica cabos conectores e interfaces

A padronização não foi concluída com a elaboração do Modelo OSI. Ao contrario, inicio-se uma intensa atividade, em nível mundial no sentido de projetar, especificar, implementar e testar os protocolos das varias camadas definidas pelo modelo.

Com esse esforço, nascia a arquitetura OSI: uma estrutura funcional dos elementos envolvidos na comunicação entre sistemas abertos, suportada por um conjunto de protocolos padronizados, elaborados de acordo com os princípios do Modelo RM – OSI.

Desde a sua criação, e cada vez que um novo padrão de protocolo é elaborado a Arquitetura OSI impõe-se como o grande projeto de engenharia de protocolos.

As soluções apresentadas, os mecanismos de protocolos a estrutura da camada de aplicação e as aplicações desenvolvidas de acordo com os princípios da metodologia orientada a objetos e da computação distribuída contribuem para essa colocação.

O reconhecimento da comunidade vem sendo acompanhado pela postura dos governos e industrias que adotam uma política de compras, exigindo ou recomendando fortemente produtos para redes abertas o que certamente contribui para a evolução dos padrões.

2.5.2. Projeto MAP

O projeto MAP – Manufacturing Automation Protocol tem como mérito a apresentação de uma proposta concreta para a comunicação no chão-de-fabrica, estabelecendo as condições necessárias para a integração dos componentes de automação como PLC's, CNC's, segundo a filosofia CIM – Computer Integrated Manufacturing.

O projeto MAP resultou de um esforço da GM – General Motors iniciado em 1979 que para competir com as companhias automobilísticas japonesas, queriam montar uma rede abrangendo todos os seus escritórios, fabricas, revendedores e fornecedores.

A idéia era que, quando um cliente encomendasse um carro em qualquer lugar do mundo, o computador da revendedora transmitiria instantaneamente o pedido a GM, que então entraria em contato com os fornecedores para ter o material necessário à produção.

Em 1984 foi publicada a primeira especificação MAP 1.0 do sistema de comunicação e em 1987 a versão MAP 3.0 foi congelada durante seis anos, até 1993 [2].

Uma parte importante desta rede da GM era a automação de fabricas no qual todos os robôs seriam interligados. Tendo em vista que os carros se movem através de linhas de montagem a uma taxa fixa, quer os robôs estejam prontos ou não, a GM considerou essencial ter uma LAN no qual o pior tempo de transmissão tivesse um limite superior conhecido previamente.

Na época poucos equipamentos na fabrica da GM podiam se comunicar entre si e os custos dessa comunicação eram muito altos devido às interfaces especiais necessárias em cada equipamento. Alem disso já se previa o aumento no numero de equipamento programáveis a serem instalados e que necessitariam de comunicação.

Em função disso o custo de comunicação passou a ser uma prioridade na empresa. Para solucionar o problema, as seguintes soluções eram possíveis:

Continuar a produção utilizando máquinas isoladas de uma variedade de fabricantes e utilizar interfaces especiais para possibilitar a comunicação;

Fazer aquisição de equipamentos de um único fabricante, acabando com a incompatibilidade;

Desenvolver uma proposta padronizada que permitisse interconectar todos os equipamentos da empresa.

Dadas as perspectivas de evolução e o grande desenvolvimento dos equipamentos de automação a primeira proposta era naturalmente inviável. Com relação a segunda proposta era e continua sendo impossível encontrar um único fabricante capaz de fornecer todos os equipamentos necessários ao processo de fabricação.

A solução viria então pela terceira opção, que foi o ponto de partida para o projeto MAP, através da criação de uma força reunindo profissionais das diversas divisões da GM, cujo objetivo inicial era investigar a possibilidade de utilização do modelo OSI como base para a proposta padronizada da empresa, para evitar incompatibilidades.

Um ano mais tarde em 1981, a GM inuiu-se à DEC – Digital Equipment Corporation, HP – Hewlett-Packard e IBM. O grupo se preocupou então a selecionar alguns padrões de protocolos já definidos para o modelo OSI e que pudessem ser adotados na nova arquitetura. Esse trabalho conjunto levou ao MAP utilizando o token-bus que foi rapidamente adotado por muitas companhias [2].

Apesar do MAP possuir vantagens, sua utilização esta entrando em desuso e dentre os principais motivos, pode-se destacar:

- § Esta especificação atende bem os requisitos de comunicação nos níveis superiores da hierarquia porem por ser uma estrutura robusta torna o tempo de resposta de 200 a 400 ms muito alto quando da necessidade de real-time;
- § Os níveis inferiores da hierarquia caracterizam-se pela existência de uma grande variedade e quantidade de equipamentos de controle, invariáveis de serem conectados pela arquitetura MAP pelo custo da interface entre eles.

2.5.3. Projeto TOP

Aproximadamente na mesma época do inicio do desenvolvimento do MAP com objetivos semelhantes foi desenvolvido pela Boeing Co. a partir de 1993 o projeto TOP voltado para as redes de automação de áreas técnicas e administrativas.

Também é baseado no modelo OSI de 7 camadas e tem como finalidade fornecer aos usuários serviços tais como correio eletrônico, processamento de textos, acesso a base de dados, transferência de arquivos, CAD/CAM distribuído, troca de documentos, transações bancarias, etc.

Como para a Boeing, não havia requisitos de real-time, os boeings não seguem linhas de montagem e já possuía uma enorme base instalada de Ethernet, preferiu este padrão. O conjunto de protocolos resultantes foi o TOP – Technical and Office Protocols, em 1985 foi publicada a primeira versão TOP 1.0.

A partir de 1986 os projetos MAP e TOP passaram a ser coordenados conjuntamente gerando o projeto MAP/TOP. O perfil de protocolos escolhido por TOP, para efeitos de conectividade, tem grande identidade nas camadas 2,3,4,5 e 6 com o perfil do projeto MAP. Este

garante que pelo menos nas camadas intermediárias, ambos os protocolos MAP e TOP são compatíveis. A versão TOP 3.0, publicada em 1987 continua válida até hoje.

2.5.4. Projeto IEEE 802

O IEEE – Institute of Electrical and Electronics Engineers, iniciou o projeto 802 em 1980, visando a definição de protocolos para redes locais. O projeto subdividiu-se em vários trabalhos, concentrados nas camadas 1 e 2 [2].

2.5.4.1. Normalização

A utilização de normas nas comunicações de dados é uma necessidade. Estas são necessárias para gerir o uso e interligação de equipamentos tanto no nível físico, como elétrico, no nível dos processos e procedimentos de manipulação de dados.

O reconhecimento da necessidade de normas comuns não era partilhada pelos fabricantes de computadores e CLP's, mas, os fabricantes de equipamentos de telecomunicações reconheciam a necessidade de interligação do seu equipamento de terceiros, os primeiros tentavam prender os clientes em torno das ofertas de suas tecnologia.

A proliferação de computadores, CLP's e o seu uso para processamento distribuído tornou, esta posição insustentável e cada vez mais, o uso de redes de comunicações deveria permitir a interligação, independente de marca ou características específicas.

Sem o serviço das diversas organizações de normalização, o mundo das redes seria substancialmente mais caótico do que e atualmente. Estas organizações promovem fóruns para discussão ajudam a tornar as discussões em especificações formais e proliferam as especificações quando o processo de padronização é terminado.

O processo de normalização embora possa diferir de organização para organização segue a seguinte seqüência: organização das idéias discussão das idéias desenvolvimento de um padrão preliminar, votação de todo ou de partes do padrão e finalmente o lançamento da norma para o público.

A normalização tem como vantagens:

- § Assegura a existência de um mercado mais amplo para um dado equipamento (hardware ou software) permitindo produções em maior escala com conseqüentes reduções de preço;
- § Permite que produtos de diferentes fabricantes possam comunicar-se entre si dando ao usuário maior flexibilidade na seleção e uso de equipamento;
- § Registra-se uma crescente cooperação entre as varias entidades responsáveis pela normalização para a aceitação estudo conjunto de normas.

A normalização tem como desvantagens:

- § O seu uso tende a desacelerar a evolução e desenvolvimento de novos produtos enquanto a norma é discutida e aprovada ou atualizada ocorre um descompasso entre o que esta sendo

estudado e o disponível no mercado pela indústria e possível utilizar novas tecnologias que não estão sendo abrangidas

- § Existência de varias normas com o mesmo objetivo com diferentes concepções
- § Existência de áreas técnicas onde co-existem mais do que uma norma com objetivos sobrepostos e que são incompatíveis.

2.5.4.1.1. Algumas organizações de Normalização.

ISO – international Organization for Standardization, organização não governamental responsável por um grande numero de padrões internacionasi desde porcas/parafusos até revestimentos de postes telefônicos passando pelas relevantes a redes.Seus membros são as organizações nacionais de padronização das nações membro: ANSI – American National Standard Institute, ABNT – Associação Brasileira de normas técnicas, BSI, Grã-Bretanha AFNOR França DIN, Alemanha entre outras.

IEC – Intenational Eletrotechical Committe fundada em 1906 é uma organização não governamental internacional para o desenvolvimento de padrões elétricos eletrônicos e relacionados é responsável por um grande numero de padrões internacionais entre os quais:

- § IEC 61158-2 (1993-12), Fieldbus Standard for Use in Industrial Control Systems – part 2: Physical Layer Specification and Service Definition
- § IEC 61158-2 (1995-11), Fieldbus Standard for Use in Industrial Control Systems – part 2: Physical Layer Specification and Service Definition Amendment No. 1 (includes Clause 15 Medium Attachment Unit (MAU) 31,25 kbits/s single fiber mode, optical medium Clause 16, Medium Attachment Unit (MAU) 31,25 kbits/s dual fiber mode, optical medium Clause 17, Medium Attachment Unit (MAU) 1,0 Mbits/s dual fiber mode, optical medium Clause 18, Medium Attachment Unit (MAU) 2,5 Mbits/s dual fiber mode, optical medium;
- § IEC 61158-2am2 (1996-11), Fieldbus Standard for Use in Industrial Control Systems – part 2: Physical Layer Specification and Service Definition Amendment No. 2 (includes Clause 21 Medium Attachment Unit (MAU), current mode (1A), wire medium;
- § IEC 61158-3 (2000-01), Digital Data Communications for Measurement and Control – Fieldbus for Use in Industrial Control Systems – Part 3: Data Link Service Definition
- § IEC 61158-4 (2000-01), Digital Data Communications for Measurement and Control – Fieldbus for Use in Industrial Control Systems – Part 4: Data Link Protocol Specification
- § IEC 61158-5 (2000-01), Digital Data Communications for Measurement and Control – Fieldbus for Use in Industrial Control Systems – Part 5: Application Layer Service Definition
- § IEC 61158-6 (2000-01), Digital Data Communications for Measurement and Control – Fieldbus for Use in Industrial Control Systems – Part 6: Application Layer Protocol Specification

EIA – Electronic Industries Association, suas atividades foram iniciadas em 1924, tendo seu nome como Radio Manufacturers Association. Especifica padrões para transmissões elétricas, incluindo os que são utilizados em redes. A EIA desenvolveu o muito utilizado EIA/TIA-232.

IEEE – Institute of Electrical and Electronics Engineers, organização profissional, que desenvolve padrões na área de engenharia elétrica e computação, de rede e alguns outros, é normalmente referenciado com I3E. O IEEE desenvolveu padrões massivamente utilizados em redes LAN, a especificação IEEE 802.3, Ethernet, e a IEEE 802.5 Token Ring. As propostas do IEEE são submetidas através da ANSI. Os Padrões de redes locais Projeto IEEE802 são os predominantes no mundo atualmente e forma adotados pela ISO como base para o padrão ISO. Entre os vários desenvolvimentos tem-se:

- § IEEE 1046-1991 (R1996) IEEE Application Guide for Control of Small Hydroelectric Power Plants
- § IEEE 1451.1-1999 Standard for a Smart Transducer Interface for Sensors and Actuators-Network Capable Application Processor (NCAP) Information Model.
- § IEEE/NEMI PR 1993 1533-1998 IEEE/NEMI Low-Cost Open Architecture Controller Specification.

ITU-T International Telecommunication Union Standardization Sector, criado em 1865 antigamente chamado de Committee for International Telegraph and Telephone – CCITT, o ITUT é agora uma organização que também desenvolve recomendações de comunicação o ITU-T utiliza o termo recomendação ao invés de padrão. Dentre os padrões desenvolvidos pelo ITU-T esta o X.25. Eles também são responsáveis pelas RDSI – Redes Digitais de Serviços Integrados.

ANSI – American National Standards Institute, o ANSI que é também membro da ISO é a entidade coordenadora de grupos voluntários regulamentadores de padrões dentro dos Estados Unidos. Ele foi criado em 1918 e hoje possui mais de mil membros, dentre eles, gigantes da informática. A entidade é extremamente atuante na área de redes de computadores. O instituto é estruturado em campos técnicos independentes denominados ASC's – Accredited Standards Committees. Esses comitês são subdivididos em TCs – Technical Committees, que são subdivididos em TSCs – Technical Sub-Committees, em que por sua vez são subdivididos em TGs – Task Groups. Dentre suas contribuições esta o ANSI C, “versão” do C padronizada pelo ANSI, o FDDI – Fiber Distributed Data Interface, o ATM – Asynchronous transfer Mode e o SONET – Synchronous Optical Network.

ISOC – Internet Architecture Board, é um grupo de pesquisadores na área de redes que determina padrões e políticas. Tais padrões são definidos através de discussões e forças de trabalho. O IAB é responsável por alguns padrões, incluindo o importante TCP/IP – Transmission Control Protocol/Internet Protocol e o SNMP – Simple Network Management Protocol.

IETF – Internet Engineering Task Force, é conhecida como a principal organização para padrões internet. O IETF é composto por uma enorme comunidade de pessoas concentradas na evolução da arquitetura da Internet dentre ela pesquisadores e empresas da área.

W3C – World Wide Web Consortium, o W3C não é um órgão diretamente relacionado com padronizações de rede, na verdade ele se destina a padrões para a internet. Dentre os padrões estabelecidos estão o HTML, XML, UML e o VRML.

2.5.4.1.2. ISA SP 50 [WWW ISA]

Na década de 80 a **ISA – Instrumentation Systems and Society** formou o SP 50/IEC – T6 65C – WG6 Fieldbus Committee para desenvolver um padrão de automação industrial que integrasse vários tipos de dispositivos, produtos de campo que estavam surgindo [MENDES, 1991].

O comitê envolveu-se na pesquisa de um padrão de grande magnitude e com centenas de membros divididos pelos seus próprios interesses, na época não conseguiu progredir.

Desenvolvimentos da ISA:

- § ANSI/ISA-50 02, Part 2-1992, Fieldbus Standard for Use in Industrial Control Systems Part 2: Physical Layer Specification and Service Definition
- § ANSI/ISA-50 02, Part 3-1997, Fieldbus Standard for Use in Industrial Control Systems Part 3: Data Link Service Definition
- § ANSI/ISA-50 02, Part 4-1997, Fieldbus Standard for Use in Industrial Control Systems Part 4: Data Link Protocol Specification
- § ANSI/ISA-50 02, Part 5-1998, Fieldbus Standard for Use in Industrial Control Systems Part 5: Application Layer Service Definition
- § ANSI/ISA-50 02, Part 6-1998, Fieldbus Standard for Use in Industrial Control Systems Part 6: Application Layer Protocol Specification
- § ISA-TR50 02, Part 9-2000, Fieldbus Standard for Use in Industrial Control Systems Part 6: User Layer Technical Report
- § ISA-TR50 02, Part 3&4-2000, Fieldbus Standard for Use in Industrial Control Systems Part 3&4 :Technical Report for Fieldbus Data Link Layer – Tutorial

Futuramente a proposta da ISA, IEC e de outras grandes deverá ser o padrão mundial para que a versão final do padrão seja parecida com a sua proposta ainda não conseguiu fechar todos os protocolos do SP 50.

Como características chave a proposta estabelece:

- § Barramento multiponto com facilidades de comunicação multicast;
- § Capacidade de comunicação em situações críticas com relação ao tempo;
- § Alta integridade dos dados e segurança em ambientes hostis;
- § Variante de baixa potencia para uso em ambientes inflamáveis e explosivos;

Redundância para manuseio de causas comuns de falha, meio físico quebrado estação mestre defeituosa, etc.

2.5.4.1.3. WorldFIP [WWW WorldFIP].

Em 1992 surgiram duas propostas comerciais sem um padrão a ISP – Interoperable Systems Project, amparado pela Siemens e Fisher e a WorldFIP – World Factory Instrumentation Protocol, amparado por serem líderes e concorrentes no mercado. Em 1993 essas e outras empresas juntaram-se criando a Fieldbus Foundation para tentar a unificação dos padrões, esta união resultou na extinção da ISP e o WorldFIP continuou [2].

O **WorldFIP - World Factory Instrumentation Protocol** foi desenvolvido a partir da norma francesa NFC 46-600. A proposta procurou introduzir alguns conceitos mais revolucionários como o de produtor/consumidor e levar em consideração as restrições de tempo real impostas por um grande número de aplicações a nível de chão-de-fábrica.

Uma rede de tempo real deveria ser capaz de trocar mensagens observando que essa troca seja realizada em instantes específicos e que os tempos de resposta sejam compatíveis com os requisitos, sendo importante distinguir entre tempo de resposta e tempo validade da informação. Atualmente o WorldFIP é padrão europeu EM 50170 Parte 3 e utiliza o padrão da camada da camada física IEC 1158-2, possuindo ainda um padrão de mensagem da ISO.

2.5.4.1.4. Fieldbus Foundation [WWW FF]

O **FF – Fieldbus Foundation** como dito anteriormente é uma organização que surgiu em 1993 como um esforço dos maiores fornecedores de produtos na época WorldFIP e ISP, para se chegar num padrão único e interoperável.

Atualmente é formada pelos maiores fabricantes fornecedores e usuários finais de controle de processo e automação fabril tendo sido apresentado na sua versão completa de padrão apenas no ano de 1997. Esta aplicado em plantas industriais e químicas ao redor do mundo para testes e validações finais.

A tecnologia Fieldbus Foundation representa uma alternativa ao sistema baseado no uso de SDCD – Sistema Digital de Controle Distribuído e CLPs – Controladores Lógicos Programáveis.

Principais características do FF

- § Comunicação digital baseada na norma internacional definida pelo IEC – International Electrotechnical Committees com aplicação em áreas que requerem segurança intrínseca. Possibilita alimentação: 31,25 kbps, 1 Mbps e 2,5 Mps;
- § É muito mais que um protocolo de comunicação pois define o sistema como um todo começando pela interface com sensores através do estabelecimento de parâmetros comuns passando pelo gerenciamento do hardware por meio de parâmetros padrões e vai até a sincronização da aplicação através da camada de gerenciamento e da interface de aplicação. Para a interface com as estações de operação, manutenção e configuração da planta define o acesso a grupos de variáveis para as diferentes categorias de aplicação;

- § O uso de parâmetro para controlar a atualização dos parâmetros estáticos juntamente com o mecanismo de geração de evento permitem um sistema mais eficiente de monitoração sem a necessidade de leitura constante dos equipamentos ;
- § Baseia-se no aproveitamento da capacidade extra de processamentos nos equipamentos de campo para a distribuição do controle nos equipamentos de campo (sensores e atuadores), aumentando a confiabilidade do sistema e reduzindo o hardware necessário para perfazer as funções da aquisição de dados e controle do processo;
- § A estratégia do controle é realizada por um conjunto de blocos funcionais que podem estar localizados em diferentes equipamentos e ligados logicamente através dos parâmetros de entrada e saída. Os equipamentos possuem dados sobre as ligações que podem ser utilizados para a recuperação da configuração após queda de energia. Prevêem mecanismos para a configuração e execução seqüencial dos blocos funcionais.

O Fieldbus Foundation define regras que padronizam a interface com os blocos funcionais estas regras incluem:

- § Manuseio da informação do estado da medição ou do resultado de um calculo produzido por um bloco funcional;
- § O tratamento do modo de operação manual, automático, fora de operação, etc;
- § A geração do set point de um bloco;

Um novo bloco pode ser integrado sem perda de interoperabilidade desde que obedeça as regras mencionadas. A Fieldbus Foundation oferece uma lista de mais de 30 blocos padronizados. A distribuição do controle é acompanhada pela execução de tarefas nos equipamentos de campo melhoria de performance para o sistema como um todo. É o caso por exemplo da geração de alarmes a aplicação pode gerar reconhecimento assim como controlar a prioridade dos vários alarmes que os equipamentos podem gerar.

Outra função é captura de dados para o histórico, 16 ultimas amostras são capturadas e publicadas para todas as estações de operação obtidos com melhor precisão temporal e sincronismo. O sistema ainda oferece:

- § Padronização de parâmetros que dão ao usuário acesso a mais informações do processo dos equipamentos e da configuração do sistema. Este provê meios de detectar/identificar uma nova estação na rede e descobrir as funções disponíveis no mesmo;
- § Permite ao usuário atribuir o nome que melhor identifique o device dentro de sua planta. Os equipamentos são capazes de manter copia de sua configuração de forma que após uma queda de energia o sistema recupere automaticamente a condição de operação;
- § Possibilita interoperabilidade em nível da aplicação do sistema em si. O modelo de blocos funcionais padroniza a interface com os diferentes fabricantes de sistema;

- § O uso de uma linguagem de alto nível para descrever os equipamentos DDL – Device Description Language, que permite diferentes softwares de monitoração, configuração e manutenção, possam acessar mostrar e manipular em alto nível esta informação. Por exemplo: mostrando o valor de uma variável seguida da unidade, uma enumeração pelo nome e não pelo valor numérico, ou escrita /leitura de uma variável por conhecer que existe uma dependência entre as mesmas. Não há mais necessidade de consultas a manuais e desenvolvimento de interfaces especiais;
- § A interligação de toda a planta através do uso de pontes que são elementos que permitem o armazenamento de mensagens recebidas em um segmento seguido de publicação das mesmas em um outro segmento. Isso é feito de forma eficiente pois toda operação se dá no nível da camada de enlace, sem a necessidade de processamento dos níveis superiores para repassar a mensagem. Isso permite que uma se possa enxergar dados de qualquer equipamento que se deseje otimizar o recursos disponível no sistema. Esta característica é também diferenciadora em relação a outros sistemas que usam protocolos para chegar a uma integração total da planta e por isso necessita de gateways para converter de um protocolo usado em um nível para outro utilizado em outro nível.

O protocolo da Fieldbus Foundation especifica a utilização de 3 das 7 camadas do modelo ISO/OSI, física, enlace e aplicação, mais a camada de usuário.

A camada física baseia-se apenas na utilização de pares trançados de cobre como meio físico havendo divisão quanto a velocidade de comunicação.

- § H2, denominado de higher-speed fieldbus emprega 1 Mbps 2,5 Mps para interligar equipamentos de usuário – PCs por exemplo e os dispositivos mais rápidos do chão-de-fabrica;
- § H1, denominado de lower-speed fieldbus, emprega 31,25 kbps para interligar dispositivos mais lentos do chão-de-fabrica.

TIPO	31,25 kbps	1 Mbps	2,5 Mbps	COMENTARIOS
"A"	1900 m	750 m	500 m	apenas 1 par trançado num cabo blindado
"B"	1200 m			múltiplos pares trançados com blindagem externa
"C"	400 m			um ou vários pares trançados, mas sem blindagem
"D"	200 m			múltiplos condutores sem ser par trançado

Tabela 2.1 – velocidade de comunicação e os pares trançados (fonte – WWW FF)

A versão de 31,25 kbps pode operar nas mesmas instalações do padrão 4-20 mA o que é útil para atualizações graduais de plantas industriais, permite o uso de até 32 dispositivos conectados ao barramento entretanto este numero cai de acordo com o comprimento do cabo, se o mesmo fornece energia aos dispositivos junto com os dados, etc. estabelece 2 tipos de dispositivos: LAS – Link Active Scheduler ou LinkMaster e Basic. O LAS gerencia controla as comunicações do barramento centralizado e o Basic são todos os outros dispositivos.

Durante a configuração do fieldbus a estação LAS recebe uma lista de dados de todos os dispositivos no barramento e qual dados devem ser disponibilizados por cada um e a que instante. Quando chegar a hora de um determinado dispositivo fornecer os dados o LAS diz ao mesmo para

efetuar um broadcast dos dados no barramento. Aqueles dispositivos configurados para utilizar os dados irão recebe-los simultaneamente

A aceitação da tecnologia da Fieldbus Foudation no mundo

Após um ano de finalização da definição da tecnologia já se encontram mais de 100 sistemas instalados operando em diferentes países

Centro de treinamento na Inglaterra para a tecnologia da Fieldbus Foudation com equipamentos de diversos fabricantes.

Teste de conformidade e interoperabilidade sendo realizado pelo Fraunhofer Institut na Alemanha.

Sede nos Estados Unidos com representação na Europa e na Ásia.
Apontada pelo governo chinês como a tecnologia do futuro

Quatro empresas fornecem tecnologia para a sua implementação no mundo, sendo uma alemã, uma americana, uma japonesa e uma brasileira.

2.5.4.1.5. O Interbus [WWW INTERBUS]

Interbus é um dos protocolos padrões de comunicação para redes abertas em aplicações industriais, criado a partir da norma alemã DIN 19258 com o apoio de inúmeros usuários principalmente as indústrias automobilísticas européias. De alta performance e velocidade é uma rede em anel para manufatura e controle de processo. As informações incluem comandos e dados de I/Os para drives encoders, robôs controladores, válvulas pneumáticas etc. Um sistema Interbus consiste em um controlador que se comunica em rede com uma variedade de dispositivos por meio de pares trançados e vários pacotes de softwares estão disponíveis para os CLP's.

No protocolo Interbus os dados dos I/Os são transmitidos em armazéns que fornecem atualizações simultâneas para todos os dispositivos na rede. As transmissões são asseguradas pelo protocolo e por meio do sistema de diagnóstico é definir localização de erros e causas. Permite ainda enviar parâmetros e mensagens complexas por meio da rede.

2.6. TECNOLOGIA PROFIBUS

O PROFIBUS é um padrão aberto de rede de comunicação industrial, utilizado em um amplo espectro de aplicações em automação da manufatura, de processos e predial. Sua total independência de fabricantes e sua padronização são garantidas pelas normas EN50170 e EN50254. Com o PROFIBUS, dispositivos de diferentes fabricantes podem comunicar-se sem a necessidade de qualquer adaptação na interface[4].

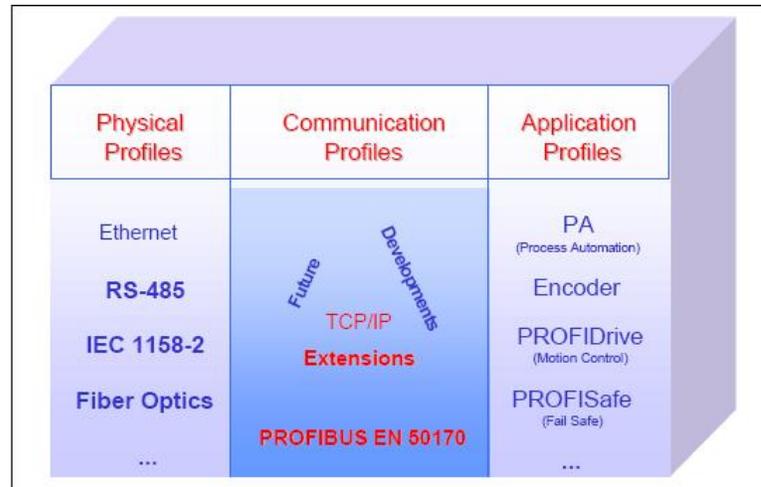


Figura 2.7: Profibus e Ethernet [4]

O PROFIBUS pode ser usado tanto em aplicações com transmissão de dados em alta velocidade como em tarefas complexas e extensas de comunicação.

Através de seu contínuo esforço de desenvolvimento tecnológico, o PROFIBUS é o sistema de comunicação industrial mais bem preparado para o futuro. A Organização de Usuários PROFIBUS está atualmente trabalhando na implementação de conceitos universais para integração vertical baseada em TCP/IP.

PROFIBUS oferece diferentes protocolos de comunicação (Communication Profile): DP e FMS. De acordo com a aplicação, pode-se utilizar como meio de transmissão (Physical Profile) qualquer um dos seguintes padrões: RS-485, IEC 61158-2 ou Fibra Ótica.

O Perfil da Aplicação (Application Profile) define as opções do protocolo e da tecnologia de transmissão requerida nas respectivas áreas de aplicação e para os vários tipos de dispositivos. Estes perfis também definem o comportamento do dispositivo.

2.6.1.1. Perfil de Comunicação (Communication Profile)

O perfil de comunicação PROFIBUS define como os dados serão transmitidos serialmente através do meio de comunicação.

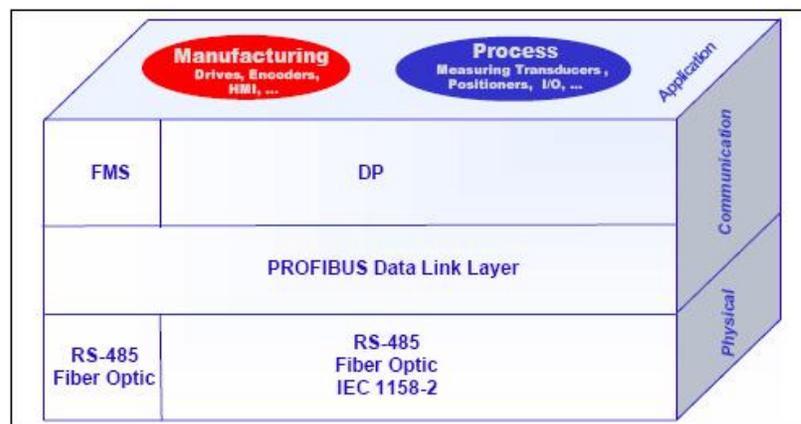


Figura 2.8: Estrutura da tecnologia Profibus [4]

PROFIBUS-DP - Periferia Descentralizada (Decentralized Periphery)

O DP é o perfil mais freqüentemente utilizado. Otimizado para alta velocidade e conexão de baixo custo, foi projetado especialmente para a comunicação entre sistemas de controle de automação e seus respectivos I/O's distribuídos a nível de dispositivo. O PROFIBUS-DP pode ser usado para substituir a transmissão de sinal em 24 V em sistemas de automação de manufatura assim como para a transmissão de sinais de 4 a 20 mA ou HART em sistemas de automação de processo.

PROFIBUS-FMS (Fieldbus Message Specification)

O PROFIBUS-FMS é o perfil de comunicação universal para tarefas de comunicação complexas. FMS oferece muitas funções sofisticadas de comunicação entre dispositivos inteligentes. No futuro, com o uso do TCP/IP no nível de célula, o FMS terá um papel menos significativo.

2.6.1.2. Perfil Físico (Physical Profile)

A aplicação de um sistema de comunicação industrial é amplamente influenciada pela escolha do meio de transmissão disponível. Assim sendo, aos requisitos de uso genérico, tais como alta confiabilidade de transmissão, grandes distâncias a serem cobertas e alta velocidade de transmissão, soma-se as exigências específicas da área automação de processos tais como operação em área classificada, transmissão de dados e alimentação no mesmo meio físico, etc. Partindo-se do princípio de que não é possível atender a todos estes requisitos com um único meio de transmissão, existem atualmente três tipos físicos de comunicação disponíveis no PROFIBUS:

- § **RS-485** para uso universal, em especial em sistemas de automação da manufatura;
- § **IEC 61158-2** para aplicações em sistemas de automação em controle de processo;
- § **Fibra Ótica** para aplicações em sistemas que demandam grande imunidade à interferências e grandes distâncias.

Atualmente, estão sendo feitos desenvolvimentos para uso de componentes comerciais de 10 e 100 Mbit/s como camada física para PROFIBUS.

Links e acopladores são disponíveis para acoplamento entre os vários meios de transmissão. Enquanto o termo Acoplador (Couplers) aplica-se à dispositivos que implementam o protocolo somente no que se refere ao meio físico de transmissão, o termo Link se aplica aos dispositivos inteligentes que oferecem maiores opções na operação entre subredes.

2.6.1.3. Perfil de Aplicação (Application Profile)

O perfil de Aplicação descreve a interação do protocolo de comunicação com o meio de transmissão que está sendo utilizado, além de definir o comportamento do dispositivo durante a comunicação. O mais importante perfil de aplicação PROFIBUS é, atualmente, o perfil PA, que define os parâmetros e blocos de função para dispositivos de automação de processo, tais como

transmissores, válvulas e posicionadores. Existem ainda alguns outros perfis disponíveis, tais como: Acionamentos (Drives), Interface Homem Máquina e Encoders, etc. os quais definem a comunicação e o comportamento destes equipamentos de uma maneira independente do fabricante.

2.6.2. Características Básicas

O PROFIBUS especifica as características técnica e funcionais de um sistema de comunicação industrial, através do qual dispositivos digitais podem se interconectar, desde do nível de campo até o nível de células[4].

O PROFIBUS é um sistema multi-mestre e permite a operação conjunta de diversos sistemas de automação, engenharia ou visualização, com seus respectivos dispositivos periféricos (por ex. I/O's). O PROFIBUS diferencia seus dispositivos entre mestres e escravos.

Dispositivos **mestres** 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 (o token). Os mestres também são chamados de estações ativas no protocolo PROFIBUS.

Os dispositivos **escravos** são dispositivos remotos (de periferia), tais como módulos de I/O, válvulas, acionamentos de velocidade variável e transdutores. Eles não têm direito de acesso ao barramento e só podem enviar mensagens ao mestre ou reconhecer mensagens recebidas quando solicitados. Os escravos também são chamados estações passivas. Já que para executar estas funções de comunicação somente um pequena parte do protocolo se faz necessária, sua implementação é particularmente econômica.

2.6.2.1. Arquitetura do protocolo

O PROFIBUS é baseado em padrões reconhecidos internacionalmente, sendo sua arquitetura de protocolo orientada ao modelo de referência OSI (Open System Interconnection) conforme o padrão internacional ISO 7498. Neste modelo, a camada 1 (nível físico) define as características físicas de transmissão, a camada 2 (data link layer) define o protocolo de acesso ao meio e a camada 7 (application layer) define as funções de aplicação. A arquitetura do protocolo PROFIBUS é mostrado na figura 2.9.

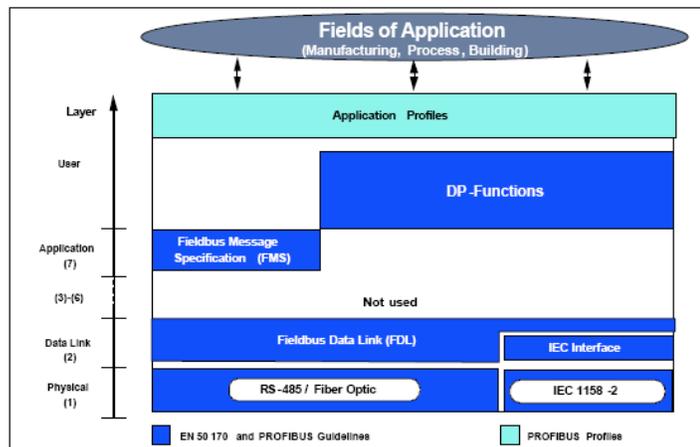


Figura 2.9 - Arquitetura do Protocolo[4]

O PROFIBUS-DP usa somente as camadas 1 e 2, bem como a interface do usuário. As camadas 3 a 7 não são utilizadas. Esta arquitetura simplificada assegura uma transmissão de dados eficiente e rápida. O *Direct Data Link Mapper* (DDLMM) proporciona à interface do usuário acesso fácil à camada 2. As funções de aplicação disponíveis ao usuário, assim como o comportamento dos dispositivos e do sistemas dos vários tipos de dispositivos DP, são especificados na Interface do Usuário.

No PROFIBUS-FMS as camadas 1, 2 e 7 são de especial importância. A camada de aplicação é composta do FMS (Fieldbus Message Specification) e do LLI (Lower Layer Interface). O FMS define uma ampla seleção de serviços de comunicação mestre-mestre ou mestre-escravo. O LLI define a representação destes serviços FMS no protocolo de transmissão de dados.

2.6.2.2. Meio de transmissão RS-485

O padrão RS 485 é a tecnologia de transmissão mais frequentemente encontrada no PROFIBUS. Sua aplicação inclui todas as áreas nas quais uma alta taxa de transmissão aliada à uma instalação simples e barata são necessárias. Um par trançado de cobre blindado (shieldado) com um único par condutor é o suficiente neste caso.

A tecnologia de transmissão RS 485 é muito fácil de manusear. O uso de par trançado não requer nenhum conhecimento ou habilidade especial. A topologia por sua vez permite a adição e remoção de estações, bem como uma colocação em funcionamento do tipo passo-a-passo, sem afetar outras estações.

Expansões futuras, portanto, podem ser implementadas sem afetar as estações já em operação. Taxas de transmissão entre 9.6 kbit/sec e 12 Mbit/sec podem ser selecionadas, porém uma única taxa de transmissão é selecionada para todos dispositivos no barramento, quando o sistema é inicializado.

2.6.2.2.1. Instruções de instalação para o RS-485

Todos os dispositivos são ligados à uma estrutura de tipo barramento linear. Até 32 estações (mestres ou escravos) podem ser conectados à um único segmento. O barramento é terminado por um terminador ativo do barramento no início e fim de cada segmento (Veja Figura 2.10). Para assegurar uma operação livre de erros, ambas as terminações do barramento devem estar sempre ativas. Normalmente estes terminadores encontram-se nos próprios conectores de barramento ou nos dispositivos de campo, acessíveis através de uma dip-switch. No caso em que mais que 32 estações necessitem ser conectadas ou no caso que a distância total entre as estações ultrapasse um determinado limite, devem ser utilizados repetidores (repeaters) para se interconectar diferentes segmentos do barramento.

O comprimento máximo do cabo depende da velocidade de transmissão (Veja Tabela 2.3). As especificações de comprimento de cabo na Tabela 2.3, são baseadas em cabo Tipo-A, com o seguintes parâmetros[4]:

- § Impedância: 135 a 165 Ohms;
- § Capacidade: < 30 pf/m;
- § Resistência: 110 Ohms/km;

§ Medida do cabo: 0.64mm;

§ Área do condutor: > 0.34mm²;

Mídia	Cabo par trançado blindado. A blindagem pode ser omitida, dependendo das condições eletromagnéticas do ambiente (EMC).
Número de Estações	32 estações em cada segmento sem repetidores. Com repetidores pode ser estendida até 126 estações.
Conectores	Preferencialmente DB-9 para IP20. M12, Han-Brid or tipo Híbrido para IP65/67.

Tabela 2.2: Características do RS485 [4]

Baud rate (Kbit/s)	9.6	19.2	93.75	187.5	500	1500	12000
Distância/segmento (m)	1200	1200	1200	1000	400	200	100

Tabela 2.3: Distâncias baseadas em velocidade de transmissão para cabo Tipo A [4]

Os cabos PROFIBUS são oferecidos por vários fabricantes. Uma característica particular é o sistema de conexão rápida. O uso de cabos do tipo B, ao contrário do que anteriormente divulgado, não é mais recomendado.

Durante a instalação, observe atentamente a polaridade dos sinais de dados (A e B). O uso da blindagem é absolutamente essencial para se obter alta imunidade contra interferências eletromagnéticas. A blindagem por sua vez deve ser conectada ao sistema de aterramento em ambos os lados através de bornes de aterramento adequados. Adicionalmente recomenda-se que os cabos de comunicação sejam mantidos separados dos cabos de alta voltagem. O uso de cabos de derivação deve ser evitados para taxas de transmissão acima de 1,5Mbits/s. Os conectores disponíveis no mercado hoje permitem que o cabo do barramento entre/saia diretamente no conector, permitindo assim que um dispositivo seja conectado/desconectado da rede sem interromper a comunicação.

Nota-se que quando problemas ocorrem em uma rede PROFIBUS, cerca de 90% dos casos são provocados por incorreta ligação e/ou instalação. Estes problemas podem ser facilmente solucionados com o uso de equipamentos de teste, os quais detectam falhas nas conexões.

Para a conexão em locais com grau de proteção IP20, utiliza-se conectores tipo DB9 (9 pinos). A definição da pinagem e esquema de ligação é mostrada na figura 2.10.

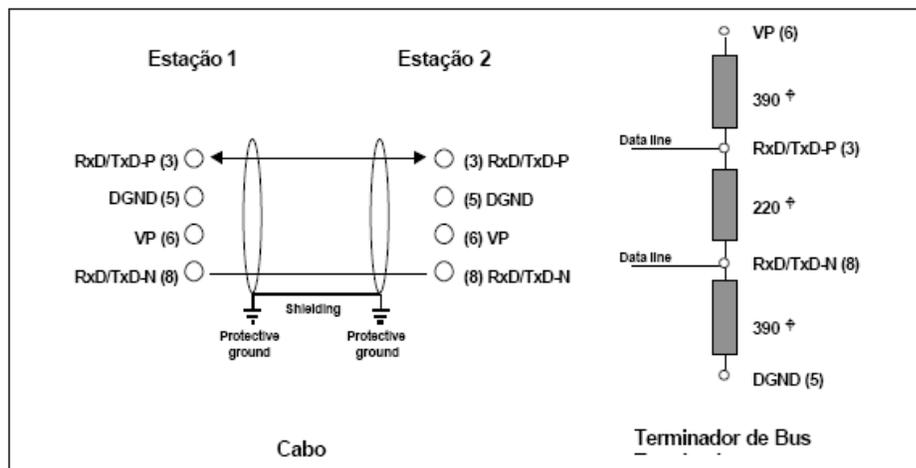


Figura 2.10 - Ligação e Terminação para o RS-485 [4]

Já no caso de grau de proteção IP65/76, existem 3 alternativas para a conexão:

- § Conector circular M12 (IEC 947-5-2);
- § Conector HAN-BRID, conforme recomendação DESINA;
- § Conector híbrido SIEMENS;

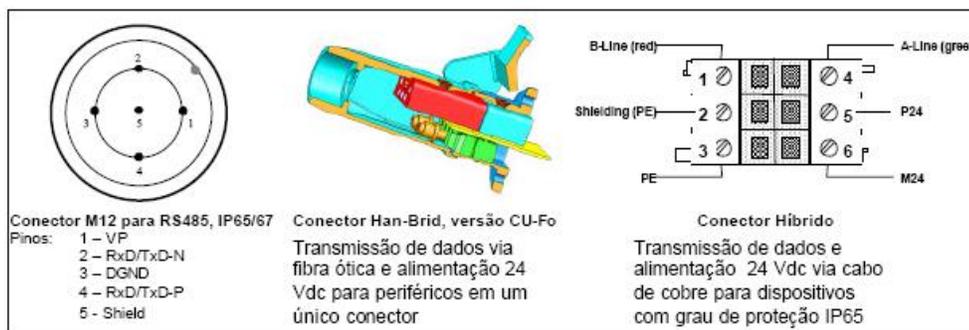


Figura 2.11 - Opções para conectores PROFIBUS IP65/67 [4]

2.6.2.3. Meio de transmissão IEC-61158-2

Transmissão síncrona em conformidade à norma IEC 61158-2, com uma taxa de transmissão definida em 21,25 Kbits/s, veio atender aos requisitos das indústrias químicas e petroquímicas. Permite, além de segurança intrínseca, que os dispositivos de campo sejam energizados pelo próprio barramento. Assim, o PROFIBUS pode ser utilizado em áreas classificadas. As opções e limites do PROFIBUS com tecnologia de transmissão IEC61158-2 para uso em áreas potencialmente explosivas são definidas pelo modelo FISCO (**F**ieldbus **I**ntrinsically **S**afe **C**oncept). O modelo FISCO foi desenvolvido pelo instituto alemão PTB - Physikalisch Technische Bundesanstalt (Instituto Tecnológico de Física) e é hoje internacionalmente reconhecida como o modelo básico para barramentos em áreas classificadas.

A transmissão é baseada no seguintes princípios, e é freqüentemente referida como H1

- § cada segmento possui somente uma fonte de energia, a fonte de alimentação;
- § alimentação não é fornecida ao bus enquanto uma estação está enviando;
- § os dispositivos de campo consomem uma corrente básica constante quando em estado de repouso;
- § os dispositivos de campo agem como consumidores passivos de corrente (sink);
- § uma terminação passiva de linha é necessária, em ambos fins da linha principal do barramento;

§ topologia linear, árvore e estrela são permitidas;

No caso da modulação, supõe-se que uma corrente básica de pelo menos 10mA consumida por cada dispositivo no barramento. Através da energização do barramento, esta corrente alimenta os dispositivos de campo. Os sinais de comunicação são então gerados pelo dispositivo que os envia, por modulação de +/- 9mA, sobre a corrente básica[8].

Transmissão de Dados	Digital, sincronizado a bit, código Manchester
Taxa de Transmissão	31.25 Kbit/s, modo tensão
Segurança de Dados	Pre-amble, error-proof start e end limiter
Cabos	Par trançado blindado
Alimentação Remota	Opcional via linha de dados
Classe Proteção à Explosão	Segurança Intrínseca (Eex ia/ib) e encapsulação (Eex d/m/p/q)
Topologia	Linha ou árvore, ou combinadas.
Número de Estações	Até 32 estações por segmento, máximo de 126
Repetidores	Até 4 repetidores

Tabela 2.4 - Características da IEC 61158-2 [8]

Para se operar uma rede PROFIBUS em área classificada é necessário que todos os componentes utilizados na área classificada sejam aprovados e certificados de acordo com o modelo FISCO e IEC 61158-2 por organismos certificadores autorizadas tais como PTB, BVS (Alemanha), UL, FM (EUA). Se todos os componentes utilizados forem certificados e se as regras para seleção da fonte de alimentação, comprimento de cabo e terminadores forem observadas, então nenhum tipo de aprovação adicional do sistema será requerida para o comissionamento da rede PROFIBUS.

2.6.2.3.1. Instruções de instalação para o IEC-61158

Na sala de controle normalmente estão localizados o sistema de controle de processo, bem como dispositivos de monitoração e operação interconectados através do padrão RS485. No campo, acopladores (couplers) ou links adaptam os sinais do segmento RS485 aos sinais do segmento IEC 61158-2. Eles também fornecem a corrente para alimentação remota dos dispositivos de campo. A fonte de alimentação limita a corrente e tensão no segmento IEC 61158-2.

Acopladores de segmento, os **Couplers**, são conversores de sinal que adaptam os sinais RS-485 ao nível do sinal IEC 61158-2. Do ponto de vista do protocolo os acopladores são transparentes. Se acopladores de segmento são utilizados, a velocidade do segmento RS-485 ficará limitada em no máximo 93,75 Kbit/s.

Links, por sua vez, possuem sua própria inteligência intrínseca. Eles tornam todos os dispositivos conectados ao segmento IEC 61158-2 em um único dispositivo escravo no segmento RS-485. Neste caso não existe limitação de velocidade no segmento RS-485 o que significa que é possível implementar redes rápidas, por exemplo, para funções de controle, incluindo dispositivos de campo conectados em IEC 61158-2.

Na rede PROFIBUS-PA são possíveis estruturas tanto de árvore como linha, ou uma combinação dos dois.

Veja Figura 2.12. A combinação geralmente otimiza o comprimento do bus e permite a adaptação de um sistema eventualmente existente.

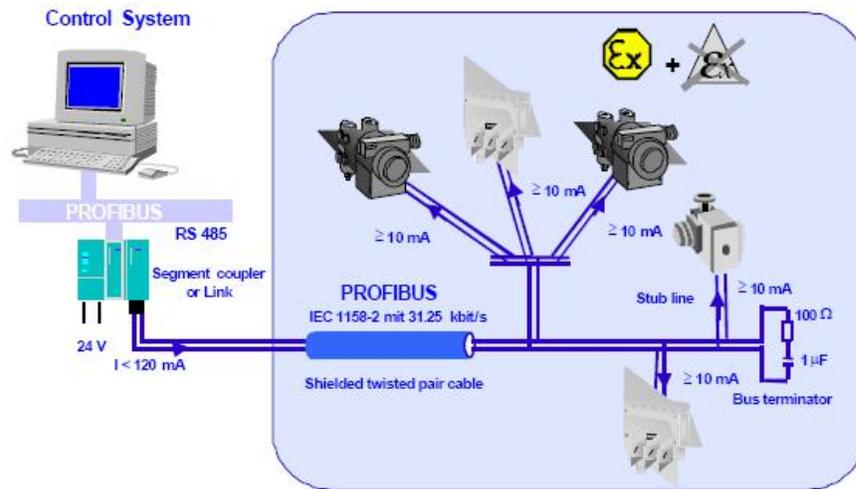


Figura 2.12 - Sistema com alimentação de dispositivos em uma rede PROFIBUS e IEC 61158-2 [4]

Cabo	Par trançado blindado
Área do Condutor	0.8 mm ² (AWG 18)
Resistência de Loop	44 ohms/Km
Impedância à 31.25 KHz	100 ohms +/-20%
Atenuação à 39 KHz	3 dB/Km
Capacitância Assimétrica	2 nF/Km

Tabela 2.6 - Especificação do cabo para IEC 61158-2 [4]

Em um estrutura linear, as estações são conectadas ao cabo principal através de conectores do tipo T. A estrutura em árvore pode ser comparada à técnica clássica de instalação em campo. O cabo multivias pode ser substituído pelo par trançado do barramento. O painel de distribuição continua a ser utilizado para a conexão dos dispositivos de campo e para a instalação dos terminadores de barramento. Quando uma estrutura em árvore é utilizada, todos os dispositivos de campo conectados ao segmento de rede são interligados em paralelo ao distribuidor. Independente da topologia utilizada, o comprimento da derivação da ligação deverá ser considerado no cálculo do comprimento total do segmento. Uma derivação não deve ultrapassar 30m em aplicações intrinsecamente seguras.

Um par de fios blindados é utilizado como meio de transmissão (veja fig 2.12). Ambas as terminações do cabo principal do barramento devem ser equipados com um terminador passivo de linha, que consiste num elemento RC em série com $R=100$ Ohms e $C=1$ μ F. Tanto os couplers quanto os links possuem o terminador de barramento integrados. Uma ligação com a polaridade invertida no barramento não afetará o correto funcionamento do mesmo, já que os dispositivos de campo são equipados com sistemas automáticos de detecção de polaridade

O número de estações que pode ser conectado à um segmento é limitado a 32. Este número pode ser ainda mais reduzido em função do tipo de classe de proteção à explosão. Em redes intrinsecamente seguras, tanto a tensão máxima quanto a corrente máxima de alimentação são especificadas dentro de limites claramente definidos. Observe que mesmo nos casos que a segurança intrínseca não é utilizada, a potência da fonte de alimentação é limitada.

Tipo	Área de Aplicação	Alimentação	Corrente Máxima	Potência Máxima	No. Típico de Estações
I	EEX ia/ib IIC	13,5V	110mA	1,8W	8
II	EEX ib IIC	13,5V	110mA	1,8W	8
III	Eex ib IIB	13,5V	250mA	4,2W	22
IV	Não Intrinsecamente seguro	24V	500mA	12W	32
Importante: Esta especificação é baseada com uma corrente de consumo de 10 mA por dispositivo. Se um dispositivo consome mais					

Tabela 2.7 - Alimentação padrão[4]

De modo geral, para determinar o comprimento máximo da linha, calcula-se a corrente consumida pelos dispositivos de campo, seleciona-se uma unidade de alimentação, conforme tabela 2.6, e determina-se o comprimento de linha para o tipo de cabo selecionado conforme tabela 2.7. A corrente necessária é obtida da soma das correntes básicas dos dispositivos de campo do segmento selecionado, somada à uma reserva de corrente de 9 mA por segmento, destinado para a operação do FDE (Equipamento de desconexão por falha). O FDE evita que dispositivos defeituosos bloqueiem o barramento permanentemente[4].

		Tipo I	Tipo II	Tipo III	Tipo IV	Tipo IV	Tipo IV
Tensão	V	13,5	13,5	13,5	24	24	24
Soma das correntes necessárias	mA	≤110	≤110	≤250	≤110	≤250	≤500
Comprimento da linha para 0.8 mm ²	m	≤900	≤900	≤400	≤1900	≤1300	≤650
Comprimento da linha para 1.5 mm ²	m	≤1000	≤1500	≤500	≤1900	≤1900	≤1900

Tabela 2.8 - Comprimentos de linha para IEC 61158-2 [4]

A conexão em um barramento intrinsecamente seguro de dispositivos auto-alimentados pelo barramento e dispositivos alimentados externamente é possível, se os dispositivos alimentados externamente forem equipados com isolamento apropriado de acordo com EN 50 020. Deve ser considerada entretanto, no cálculo da corrente total, a corrente que o dispositivo com alimentação externa consome do barramento.

2.6.2.4. Meio de transmissão com fibra ótica

Fibra ótica pode ser utilizada pelo PROFIBUS para aplicações em ambientes com alta interferência electromagnética ou mesmo com o objetivo de aumentar o comprimento máximo com taxas de transmissão elevadas. Vários tipos de fibra estão disponíveis, com diferentes características, tais como, distância máxima, preço e aplicação. Para uma rápida descrição, consulte tabela 2.8. Os segmentos PROFIBUS que utilizam fibra normalmente são em estrela ou em anel. Alguns fabricantes de componentes para fibra ótica permitem o uso de links redundantes com meios físico alternativo, cuja transferência é automática quando ocorre uma falha.

Tipo de Fibra	Propriedades
Fibra de vidro "multimode"	Média distância, 2 a 3 Km
Fibra de vidro "monomode"	Longa distância, >15 Km
Fibra sintética	Longa distância, > 80 Km
Fibra PCS/HCS	Curta distância, > 500m

Tabela 2.9 - Propriedades das fibras ótica [4]

Diversos fabricantes oferecem conectores especiais com conversor integrado de sinais RS485 para fibra ótica e vice-versa. Isto proporciona um método muito simples de troca entre transmissão RS 485 e fibra ótica dentro de um sistema.

2.6.2.5. Protocolo de Acesso ao Meio PROFIBUS

Os perfis de comunicação PROFIBUS (Communication Profiles) usam um protocolo uniforme de acesso ao meio. Este protocolo é implementado pela camada 2 do modelo de referência da OSI. Isto inclui também a segurança de dados e a manipulação do protocolos de transmissão e mensagens. No PROFIBUS a camada 2 é chamada Fieldbus Data Link (FDL). O Controle de Acesso ao meio (MAC) especifica o procedimento quando uma estação tem a permissão para transmitir dados. O MAC deve assegurar que uma única estação tem direito de transmitir dados em um determinado momento. O protocolo do PROFIBUS foi projetado para atender os dois requisitos básicos do Controle de Acesso ao Meio[4]:

- Durante a comunicação entre sistemas complexos de automação (mestres), deve ser assegurado que cada uma destas estações detém tempo suficiente para executar suas tarefas de comunicação dentro de um intervalo definido e preciso de tempo.
- Por outro lado, a transmissão cíclica de dados em tempo real deverá ser implementada tão rápida e simples quanto possível para a comunicação entre um controlador programável complexo e seus próprios dispositivos de I/O's (escravos).

Portanto, o protocolo PROFIBUS de acesso ao barramento (Fig. 2.13) inclui o procedimento de passagem do Token, que é utilizado pelas estações ativas da rede (mestres) para comunicar-se uns com os outros, e o procedimento de mestre-escravo que é usado por estações ativas para se comunicarem com as estações passivas (escravos).

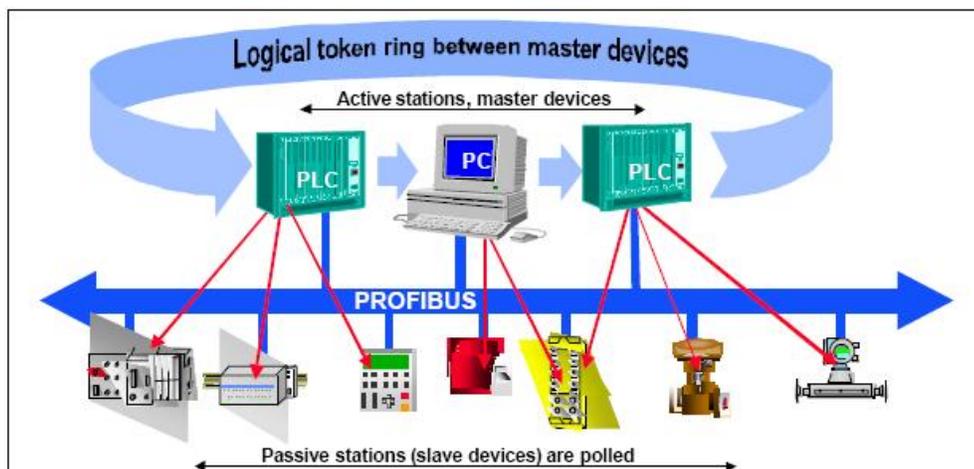


Figura 2.13 - Configuração PROFIBUS com 3 estações ativas (mestres) e 7 estações passivas (escravas). Os 3 mestres formam um anel lógico de token[4].

O procedimento de passagem do Token garante que o direito de acesso ao barramento (o token) é designado a cada mestre dentro de um intervalo preciso de tempo. A mensagem de Token, um telegrama especial para passar direitos de acesso de um mestre ao próximo mestre, deve ser distribuída no anel lógico de Token pelo menos uma vez a todos mestres dentro de um intervalo de tempo máximo denominado tempo de rotação do Token. No PROFIBUS o procedimento de passagem de Token somente é utilizado na comunicação entre estações ativas (mestres).

O procedimento mestre-escravo permite ao mestre que no momento possui o Token acessar seus próprios escravos. O mestre pode enviar mensagens aos escravos ou ler mensagens dos escravos. Este método de acesso permite as seguintes configurações de sistema:

- § sistema puro mestre-escravo;
- § sistema puro mestre-mestre (com passagem de token);
- § uma combinação dos dois;

A figura 2.13 mostra uma configuração PROFIBUS com três estações ativas (mestres) e sete estações passivas (escravos). Os três mestres formam um anel lógico de *Token*. No momento que uma estação ativa recebe o telegrama de Token passa a executar seu papel de mestre durante um determinado período de tempo. Durante este tempo, pode comunicar-se com todas estações escravas num relacionamento de comunicação de mestre-escravo e com todas estações mestres num relacionamento mestre-mestre de comunicação.

Um anel de Token é a corrente organizacional de estações ativas que forma um anel lógico baseado em seus endereços de estação. Neste anel, o Token (direito de acesso a rede) é passado de um mestre ao próximo numa ordem especificada (endereços crescentes).

Na fase de inicialização do sistema, a tarefa do controle de acesso (MAC) das estações ativas é captar esta designação lógica e estabelecer o anel de Token. Na fase operacional, estações ativas defeituosas ou fora de operação são removidas do anel e novas estações ativas podem ser adicionadas ao anel. Além disto, o controle de acesso assegura que o Token seja passado de um mestre ao próximo em ordem crescente de endereços. O tempo de retenção do Token por um mestre depende do tempo de rotação de Token configurado. A detecção de defeitos no meio de transmissão ou no receptor, assim como detecção de erros de endereçamento (por ex.: endereços duplicados) ou na passagem do token (por ex.: múltiplos ou tokens ou perda do token) são funções do Controle de Acesso ao Meio (MAC) do PROFIBUS.

Outra tarefa importante de camada 2 é a segurança de dados. A camada 2 do PROFIBUS formata frames que asseguram a alta integridade de dados. Todos os telegramas têm Hamming Distance HD=4, alcançada através do uso de telegramas especiais delimitadores de início/fim, bit de paridade e byte de check, conforme norma IEC 870-5-1.

A camada 2 do PROFIBUS opera num modo denominado “sem conexão”. Além de transmissão de dados ponto-a-ponto, proporciona também comunicações do tipo multi-ponto (Broadcast e Multicast).

Comunicação **Broadcast** significa que uma estação ativa envia uma mensagem sem confirmação a todas outras estações (mestres e escravos).

Comunicação Multicast significa que uma estação ativa envia uma mensagem sem confirmação a um grupo de estações pré-determinadas (mestres e escravos).

Serviço	Função	DP	FMS
SDA	Send Data with Acknowledge Envia dados com reconhecimento		•
SRD	Send and Request Data with replay Envia e requisita dados com resposta	•	•
SDN	Send Data with No acknowledge Envia dados sem reconhecimento	•	•
CSRD	Cyclic Send and Request Data with replay Envia e requisita dados ciclicamente com resposta		•

Tabela 2.10 - Serviços da camada de segurança de dados (Data Link Layer)[4]

Cada perfil de comunicação PROFIBUS utiliza um subset específico dos serviços da camada 2 (veja tabela 2.10). Os serviços são acionados por camadas mais elevadas via pontos de acesso de serviço (SAP's). No PROFIBUS-FMS estes pontos de acesso de serviço são utilizados para endereçar os relacionamentos lógicos de comunicação. No PROFIBUS-DP a cada função definida é associado um ponto de acesso de serviço. Vários pontos de acesso de serviço podem ser usados simultaneamente por todas estações passivas e ativas. Uma distinção é feita entre fonte (SSAP - Source) e destino dos pontos de acesso de serviço (DSAP - Destiny).

2.6.3. Perfil de Comunicação DP

O PROFIBUS-DP foi projetado para comunicação de dados em alta velocidade no nível de dispositivo. Os controladores centrais (por exemplo., PLCs/PCs) comunicam com seus dispositivos de campo distribuídos:

(I/O's), acionamentos (*drivers*), válvulas, etc., via um link serial de alta velocidade.

A maior parte desta comunicação de dados com os dispositivos distribuídos é feita de uma maneira cíclica.

As funções necessárias para estas comunicações são especificadas pelas funções básicas do PROFIBUSDP, conforme EN 50 170. Além da execução destas funções cíclicas, funções de comunicação não cíclicas estão disponíveis especialmente para dispositivos de campo inteligentes, permitindo assim configuração, diagnóstico e manipulação de alarmes. Estas novas funções não cíclicas são definidas na diretriz PROFIBUS No. 2.042.

2.6.3.1. Funções básicas

O controlador central (mestre) lê ciclicamente a informação de entrada dos escravos e escreve também ciclicamente a informação de saída nos escravos. O tempo de ciclo do bus é geralmente mais curto que o tempo de ciclo do programa do PLC, que em muitas aplicações é em torno de 10 ms. Além da transmissão cíclica de dados de usuário, PROFIBUS-DP proporciona funções poderosas de diagnóstico e configuração.

A comunicação de dados é controlada por funções de monitoração tanto no mestre, como no escravo. A tabela 2.11 proporciona um resumo das funções básicas do PROFIBUS-DP.

Tecnologia de transmissão
RS-485 (par trançado cabo de dois fio) ou Fibra Ótica
Baudrate: 9.6 kbit/sec a 12 Mbit/sec
Acesso ao Bus
Procedimento de passagem de token entre mestres e procedimento de mestre-escravo para escravos
Possível sistemas mono-mestre ou multi-mestre
Dispositivos mestre e escravo, máximo de 126 estações em um barramento de comunicação
Comunicação
<i>Peer-to-peer</i> (transmissão de dados de usuário) ou <i>Multicast</i> (comandos de controle)
Transmissão de dados do usuário mestre-escravo cíclica e transmissão de dados não cíclica mestre-mestre
Modos de Operação
<i>Operate</i> : Transmissão cíclica de entrada e saída de dados
<i>Clear</i> : Entradas são lidas, e saídas são mantidas em estado seguro.
<i>Stop</i> : Transmissão de dados só é possível em mestre-mestre
Sincronização
Comandos de controle permitem sincronização de entradas e saídas
<i>Sync mode</i> : Saídas são sincronizadas
<i>Freeze mode</i> (modo de congelamento): Entradas são sincronizadas.
Funcionalidade
Transmissão de dados cíclica entre mestre DP e escravo(s) DP
Ativação ou desativação dinâmica de escravos individualmente
Verificação da configuração do escravo DP
Poderosas funções de diagnóstico, 3 níveis hierárquicos de mensagens de diagnósticos
Sincronização de entradas e/ou saídas
Designação de endereços para escravos DP via o barramento
Configuração de mestre DP (DPM1) sobre o <i>bus</i>
Máximo de 246 bytes de entrada e saída por escravo DP
Funções de segurança e proteção
Todas mensagens são transmitidas com <i>Hamming distance HD=4</i>
<i>Watchdog timer</i> no escravo DP
Proteção de acesso para I/O dos escravos DP
Monitoração da transmissão de dados com temporizador configurável pelo Mestre
Tipos de dispositivos
Class-2 DP master (DPM2) : programação/configuração/DP diagnóstico de dispositivos
Class-1 DP master (DPM1) : controlador programável central tais como PLCs, PCs, etc.
DP <i>slave</i> : dispositivo com I/O binário ou analógico, <i>drivers</i> , válvulas, etc.

Tabela 2.11 - Funções básicas do PROFIBUS-DP

2.6.3.1.1. Características básicas

Somente uma alta velocidade de transferência de dados não é um critério suficiente para o sucesso de um sistema de comunicação de dados. Instalação e manutenção simples, uma boa

capacidade de diagnóstico e uma de transmissão de dados segura e livre de erros são também importantes para o usuário. O PROFIBUS-DP representa a combinação ótima destas características.

Velocidade

O PROFIBUS-DP requer aproximadamente 1 ms a 12 Mbit/sec para a transmissão de 512 bits de dados de entrada e 512 bits de dados de saída distribuídos em 32 estações. A figura 2.14 mostra o tempo típico de transmissão do PROFIBUS-DP em função do número de estações e da velocidade de transmissão. O significativo aumento da velocidade em comparação com o PROFIBUS-FMS deve-se principalmente ao uso do serviço SRD (Envia e Recebe Dados) da camada 2 para transmissão de entrada/saída de dados num único ciclo de mensagem.

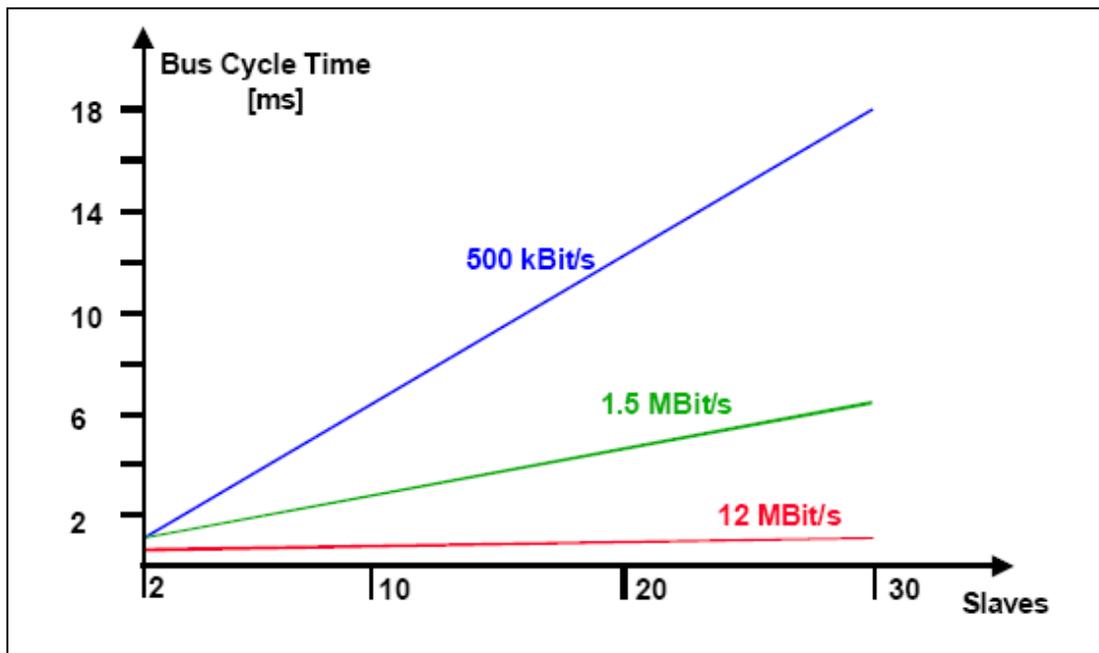


Figura 2.14 - Tempo de ciclo de um sistema PROFIBUS-DP mono-master[4]

Funções de diagnóstico

As várias funções de diagnósticos do PROFIBUS-DP permitem a rápida localização de falhas. As mensagens de diagnósticos são transmitidas ao barramento e coletadas no mestre. Estas mensagens são divididas em três níveis:

Diagnósticos de Estação: estas mensagens ocupam-se com o estado operacional geral da estação (por exemplo: alta temperatura ou baixa tensão).

Diagnósticos de Módulo: estas mensagens indicam que existe uma falha em um I/O específico (por ex.: o bit 7 do módulo de saída) de uma estação.

Diagnósticos de Canal: estas mensagens indicam um erro em um bit de I/O (por ex.: curto-circuito na saída 7).

2.6.3.1.2. Configuração do sistema e tipos de dispositivos

O PROFIBUS DP permite sistemas mono e multi-mestre oferecendo um alto grau de flexibilidade na configuração do sistema. Até 126 dispositivos (mestres ou escravos) podem ser ligados a um barramento.

Sua configuração consiste na definição do número de estações, dos endereços das estações e de seus I/O's, do formato dos dados de I/O, do formato das mensagens de diagnóstico e os parâmetros de barramento. Cada sistema de PROFIBUS-DP pode conter três tipos de dispositivos diferentes:

Classe-1 DP MASTER é um controlador central que troca informação com as estações descentralizadas (por ex.: DP slaves) dentro de um ciclo de mensagem especificado. Dispositivos mestres típicos incluem controladores programáveis (PLCs) e PC.

Classe-2 DP MASTER são terminais de engenharia, programadores, dispositivos de configurações ou painéis de operação. São utilizados durante o comissionamento para configuração do sistema DP e também para a manutenção e diagnóstico do barramento e/ou de seus dispositivos.

Um **DP SLAVE** é um dispositivo periférico (dispositivos de I/O, drivers, IHM, válvulas, etc.) que coleta informações de entrada e enviam informações de saída ao controlador . Pode haver dispositivos que possuem somente informações de entrada e outros com somente informações de saída A quantidade de informação de I/O depende do tipo de dispositivo. Um máximo de 246 bytes de entrada e 246 bytes de saída são permitidos.

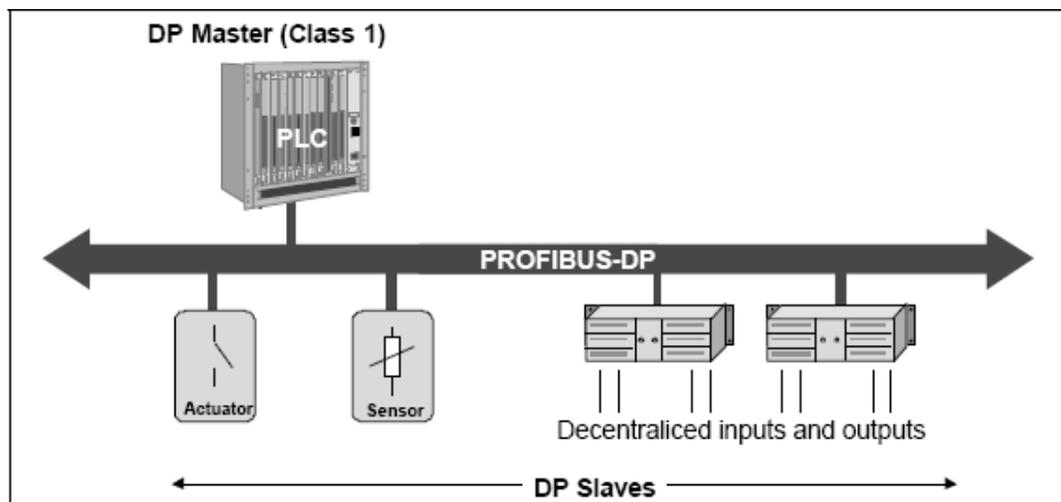


Figura 2.15 - Sistema Mono-mestre PROFIBUS-DP[4]

Em **sistemas mono-master** somente um mestre é ativo no barramento durante a fase de operação da rede. A figura 2.15 mostra a configuração de um sistema mono-master. O PLC é o controlador central, sendo os DP-escravos distribuídos conectados à ele via o barramento. Sistemas Mono-master possuem tempo de ciclo curtíssimo.

Em **configurações multi-master** vários mestres são ligados a um único barramento. Estes mestres são sub-sistemas independentes, cada um consistindo em um mestre DPM1 e seus respectivos escravos DP, opcionalmente com dispositivos de configuração e diagnóstico adicionais.

A imagem de entrada e saída dos escravos de DP podem ser lidas por todo os mestres DP. Entretanto, somente um único mestre DP (por ex.:o DPM1 designado durante configuração) poderá escrever em uma saída. Naturalmente sistemas Multimestres possuem um tempo de ciclo mais longo que sistemas Mono-Mestre[4].

2.6.3.1.3. Comportamento do sistema

A especificação do PROFIBUS DP inclui uma detalhada descrição do comportamento do sistema para garantir a intercambiabilidade dos dispositivos. O comportamento de sistema é determinado principalmente pelo estado de operação do DPM1.

DPM1 pode ser controlado localmente ou via o bus pelo dispositivo de configuração. Há três estados principais:

- § **STOP:** neste estado, nenhuma transmissão de dado entre o DPM1 e os escravos DP ocorre.
- § **CLEAR:** neste estado, o DPM1 lê a informação de entrada dos escravos DP e retém as saídas no estado de segurança.
- § **OPERATE:** neste estado, o DPM1 está na fase de transferência de dados. Numa comunicação cíclica de dados, as entradas dos escravos DP são lidas, e as saídas são escritas nos escravos DP. O DPM1 envia ciclicamente, em um intervalo de tempo determinado e configurável, seu estado atual à todos os escravos DP associados através do comando denominado Multicast

Já a reação do sistema à um erro durante a fase de transferência de dados para o DPM1 (por ex.: falha de um escravo DP) é determinado pelo parâmetro de configuração auto-clear. Se este parâmetro está ativo (=1), o DPM1 altera todas as saídas do escravo DP defeituoso para um estado seguro, assim que tenha detectado que este escravo não está respondendo suas requisições. O DPM1 muda então para o estado *CLEAR*. No outro caso, isto é, se este parâmetro não está ativo (=0), o DPM1 permanece no estado *OPERATE* mesmo quando uma falha ocorre, e o usuário então deve programar a reação do sistema, por exemplo, através do software aplicativo.

2.6.3.1.4. Transmissão Cíclica de Dados entre o DPM1 e os Escravos DP

A transmissão de dados entre o DPM1 e os escravos DP associados a ele é executado automaticamente pelo DPM1 em uma ordem definida, que repete-se. Quando configurando o sistema, o usuário especifica a associação de um escravo DP ao DPM1 e quais escravos DP serão incluídos ou excluídos da transmissão cíclica de dados do usuário.

A transmissão de dados entre o DPM1 e os escravos DP é dividida em três fases: parametrização, configuração e transferência de dados. Durante as fases de configuração e parametrização de um Escravo- DP, sua configuração real é comparada com a configuração projetada no DPM1. Somente se corresponderem é que o Escravo-DP passará para a fase de transmissão de dados. Assim, todos os parâmetros de configuração, tais como tipo de dispositivo, formato e comprimento de dados, número de entradas e saídas, etc. devem corresponder à configuração real. Estes testes proporcionam ao usuário uma proteção confiável contra erros de parametrização. Além da transmissão de dados, que é executada automaticamente pelo DPM1, uma nova parametrização pode ser enviada à um Escravo-DP sempre que necessário.

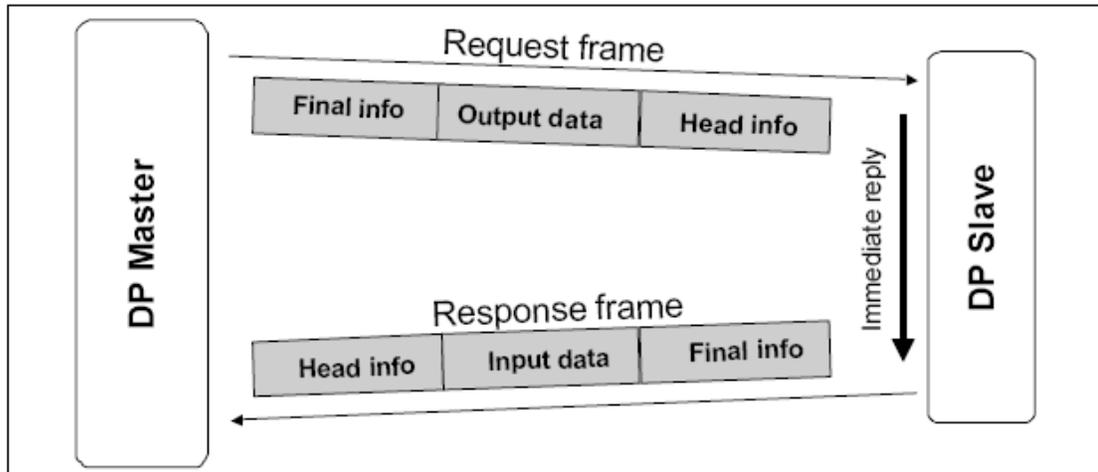


Figura 2.16 - Transmissão cíclica de dados do usuário no PROFIBUS-DP[4]

2.6.3.1.5. Modo Sync e Freeze

Além da transferência de dados com as estações associadas, executada automaticamente pelo DPM1, o mestre pode enviar também comandos de controle a um único escravo, para um grupo de escravos ou todos escravos simultaneamente. Estes comandos são transmitidos como comandos Multicast. Eles possibilitam o uso dos modos **sync** e **freeze** para a sincronização de eventos nos escravos de DP.

Os escravos iniciam o modo sincronizado (sync) quando recebem um comando sync de seu mestre. Assim, as saídas de todos escravos endereçados são congeladas em seus estados atuais. Durante as transmissões de dados subsequentes os dados de saída são armazenados nos escravos, mas os estados de saída (física) do escravo permanecem inalterados. Os dados armazenados de saída não são enviados às saídas até que o próximo comando de sync seja recebido. O modo de Sync é concluído com o comando de unsync.

De modo semelhante, o comando de controle de congelamento (freeze) força os escravos endereçados a assumirem o modo freeze. Neste modo de operação os estados das entradas são congelados com o valor atual. Os dados de entrada não são atualizados novamente até que o mestre envie o próximo comando de freeze. O modo freeze é concluído com o comando de unfreeze.

2.6.3.1.6. Mecanismos de Proteção

A segurança e confiabilidade se faz necessário para proporcionar ao PROFIBUS-DP funções eficientes de proteção contra erros de parametrização ou erros do equipamento de transmissão. Para se obter isto, um mecanismo de monitoração de tempo está implementado tanto no mestre DP quanto nos escravos DP. O intervalo de tempo é especificado durante configuração.

No Mestre-DP:

O DPM1 monitora a transmissão de dados dos escravos com o Data_Control_Timer. Um temporizador de controle independente para cada escravo. Este temporizador expira quando a correta transmissão de dados não ocorre dentro do intervalo de monitoração. O usuário é informado quando isto acontece. Se a reação automática de erro (Auto_Clear = True) estiver habilitada, o

DPM1 sai do estado OPERATE, altera as saídas de todos escravos endereçado para o estado de segurança (fail-safe) e muda o seu estado para CLEAR.

No Escravo-DP

O escravo usa o controle de watchdog para detectar falhas do mestre ou na linha de transmissão. Se nenhuma comunicação com o mestre ocorre dentro do intervalo de controle de watchdog, o escravo automaticamente muda suas saídas para o estado de segurança (fail-safe).

Adicionalmente, proteção de acesso é requerida para as entradas e saídas dos escravos DP que operam em sistemas multi-mestres. Isto assegura que o direito de acesso só pode ser executado pelo mestre autorizado. Para todos outros mestres, os escravos oferecem uma imagem de suas entradas e saídas que podem ser lidas de qualquer mestre, sem direito de acesso.

2.6.3.2. Funções estendidas do PROFIBUS DP

As funções estendidas do PROFIBUS-DP torna-o possível transmitir funções acíclicas de leitura e escrita, bem como alarmes entre mestre e escravos, independente da comunicação cíclica de dados. Isto permite, por exemplo, a utilização de um Terminal de Engenharia (DPM2) para a otimização dos parâmetros de um dispositivo (escravo) ou para se obter o valor do *status* de um dispositivo, sem perturbar a operação do sistema. Com estas funções estendidas, o PROFIBUS-DP atende os requisitos de dispositivos complexos que freqüentemente têm que ser parametrizados durante a operação da rede. Hoje em dia, as funções estendidas do PROFIBUS-DP são principalmente utilizadas na operação online dos dispositivos de campo em PROFIBUS-PA através de Terminais de Engenharia. A transmissão dos dados acíclicos é executada com uma baixa prioridade, paralelamente a transferência cíclica de dados. O mestre requer algum tempo adicional para executar os serviços de comunicação acíclico. Para permitir isto, a ferramenta de parametrização normalmente aumenta o tempo de circulação do *token* o suficiente para dar ao mestre a chance de executar não somente as comunicações cíclica de dados mas também tarefas acíclicas. Estas funções são opcionais, porém compatíveis com as funções básicas do PROFIBUS-DP. Dispositivos existentes que não necessitam ou não queiram utilizar estas novas funções continuam a ser utilizados, já que estas funções são complementares às funções básica existentes. As extensões do PROFIBUS-DP são especificadas na diretriz técnica de PROFIBUS No. 2.082.

2.6.3.2.1. Endereçamento com slot e index

Ao se endereçar os dados no PROFIBUS supõe-se que os escravos estejam montados como um bloco físico, ou que possam ser estruturados internamente em unidades de função lógicas, chamados de módulos. Este modelo também é usado nas funções básicas do PROFIBUS-DP para transmissão cíclica de dados, onde cada módulo tem um número constante de bytes de entrada e/ou saída que são transmitidos, sempre em uma mesma posição no telegrama de dados do usuário. O procedimento de endereçamento é baseado em identificadores que caracterizam o tipo do módulo, tal como entrada, saída ou uma combinação de ambos. Todo identificadores juntos resultam na configuração do escravo, que também é verificada pelo DPM1 quando o sistema inicializa.

Os serviços acíclicos também são baseados neste modelo. Todos blocos de dados habilitados para acessos de leitura e escrita também são considerados pertencentes aos módulos. Estes blocos podem ser endereçados por um número de *slot* (ranhura) e *index* (índice). O número de *slot* endereça o módulo, e o *index* endereça o bloco de dados pertencente à um módulo. Cada bloco de

dados pode ter um tamanho de até 244 bytes (ver Fig. 2.17). Com dispositivos modulares, o número de *slot* é designado aos módulos. Iniciando com 1, os módulos são numerados consecutivamente em ordem crescente. O *slot* número 0 é atribuído ao próprio dispositivo. Dispositivos compactos são tratados como uma unidade de módulo virtual[4].

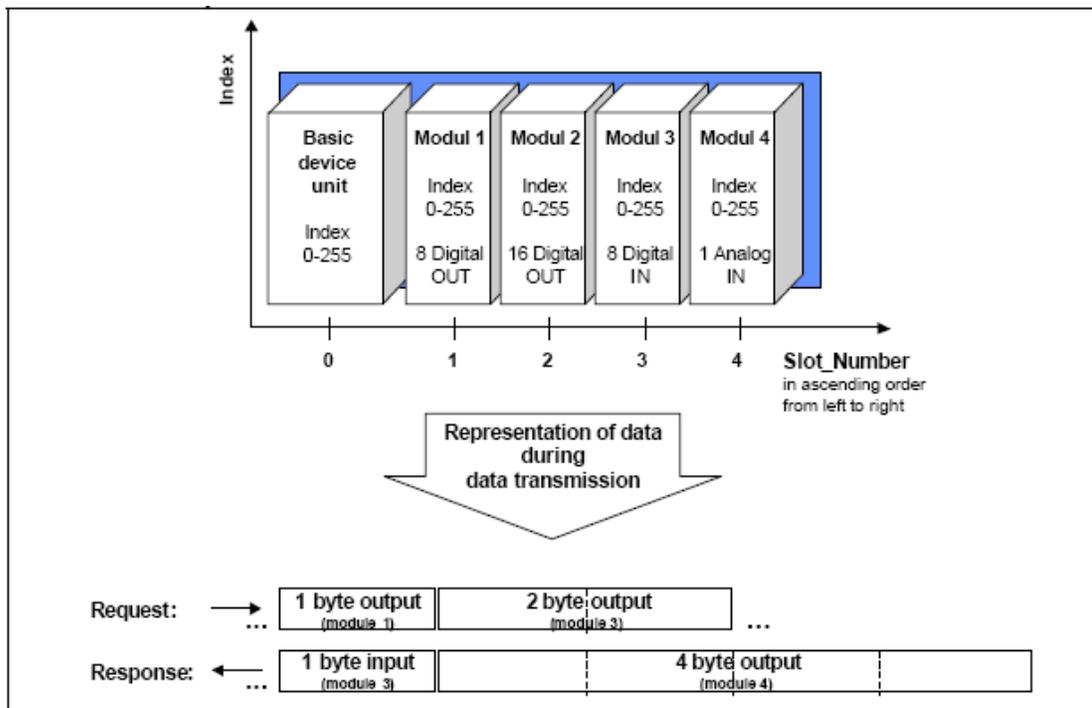


Figura 2.17 - Endereçamento nos serviços acíclicos de leitura e escrita dos serviços do PROFIBUS-DP[4]

Usando a especificação de comprimento na requisição de leitura e escrita, é também possível ler ou escrever partes de um bloco de dados. Se acesso aos blocos de dados for bem sucedido, o escravo responde a leitura ou escrita positivamente. Se o acesso não for bem sucedido, o escravo dá uma resposta negativa com a qual é possível identificar o erro ou problema.

2.6.3.2.2. Transmissão acíclica de dados entre um DPM1 e os escravos

As seguintes funções são disponíveis para comunicação acíclica de dados entre um mestre (DPM1) e os escravos:

- § **MSAC1_Read:** o mestre lê um bloco de dados de um escravo.
- § **MSAC1_Write:** o mestre escreve um bloco de dados de um escravo.
- § **MSAC1_Alarm:** transmissão de um alarme do escravo para o mestre. A confirmação de um alarme é explicitamente reconhecida pelo mestre. Somente após o reconhecimento ter sido recebido, é que o escravo é capaz de enviar uma nova mensagem de alarme. Isto significa, que um alarme nunca pode ser sobrescrito.

- § **MSAC1_Alarm_Acknowledge:** o mestre envia um mensagem de reconhecimento para o escravo que enviou um alarme.
- § **MSAC1_Status:** transmissão de uma mensagem de estado do escravo para o mestre. Não haverá mensagem de reconhecimento do envio. As mensagens de estado, portanto, podem ser sobrescritas. Os dados são transferidos através de uma conexão. Esta conexão é estabelecida pelo DPM1. Esta função só pode ser usada por um mestre que tem também parametrizado e configurado o escravo em questão.

2.6.3.2.3. Transmissão acíclica de dados entre um DPM2 e escravos

As seguintes funções são disponíveis para comunicação acíclica de dados entre um Terminal de Engenharia (DPM2) e escravos.

- § **MSAC2_Initiate** e **MSAC_Abort:** estabelece e encerra uma conexão para comunicação de dados acíclicos entre um DPM2 e um escravo.
- § **MSAC2_Read:** o mestre lê um bloco de dados de um escravo.
- § **MSAC2_Write:** o mestre escreve um bloco de dados de um escravo.
- § **MSAC2_Data_Transport:** com este serviço, o mestre pode escrever dados aciclicamente em um escravo e se necessário, também ler dados de um escravo no mesmo ciclo de serviço. O significado dos dados é específico da aplicação e definido nos perfis.

A conexão é denominada *MSAC_2* e é estabelecida antes do início da comunicação de dados acíclica pelo DPM2 através do serviço *MSAC2_Initiate*. Após isto, a conexão está liberada para os serviços:

MSAC2_Write, *MSAC2_Read* e *MSAC2_Data_Transport*. Quando uma conexão não é mais necessária, ela é desconectada pelo mestre através do serviço *MSAC2_Abort*. É possível para um mestre manter várias conexões ativas ao mesmo tempo. O número de conexões que pode ser mantida ativa ao mesmo tempo é limitada pelos recursos disponíveis nos escravos e varia em função do tipo de dispositivo. A transmissão de dados acíclica é efetuada numa seqüência predefinida, que será descrita à seguir, com a ajuda do serviço *MSAC2_Read*.

Primeiro o mestre envia uma requisição *MSAC2_Read* para o escravo; nesta requisição os dados necessários são endereçados usando número de *slot* e *index*. Após esta requisição ser recebida, o escravo tem a oportunidade de produzir os dados solicitados. O mestre então envia telegramas regulares para coletar os dados solicitados dos escravos. O escravo responde aos telegramas do mestre com um breve reconhecimento sem dados, até ele ter processado os dados. A próxima requisição do mestre é então respondida com uma resposta *MSAC2_Read*, com a qual os dados são transmitidos ao mestre. A transmissão de dados é monitorada por tempo. O intervalo de monitoração é especificado com o serviço *DDL_M_Initiate* quando a conexão é estabelecida. Se o monitor de conexão detecta uma falha, automaticamente a conexão é desfeita tanto no mestre quanto no escravo. A conexão poderá ser estabelecida novamente ou utilizada por um outro parceiro. São reservados para as conexões *MSAC2_C2* os pontos de acesso 40 a 48 nos escravos e 50 no DPM2.

2.6.4. Perfil de Comunicação FMS

O perfil de comunicação FMS foi projetado para a comunicação no nível de células. Neste nível, controladores programáveis (CLP's ou PC's) comunicam-se uns com outros. Nesta área de aplicação, mais importante que um sistema com tempos de reação rápida é um sistema com uma diversidade grande de funções disponíveis.

A camada de aplicação (7) do FMS é composta das seguintes partes:

§ FMS: **F**ieldbus **M**essage **S**pecification e

§ LLI: **L**ower **L**ayer **I**nterface

O modelo de comunicação PROFIBUS FMS possibilita que aplicações distribuídas sejam unificadas em um processo comum através do uso de relacionamentos de comunicação. A parte da aplicação situada no dispositivo de campo que pode ser acessada via comunicação é denominada de dispositivo virtual de campo (VFD – virtual field device). A figura 2.18 mostra a relação entre um dispositivo real e virtual. Neste exemplo somente determinadas variáveis (isto é, número de unidades, taxa de falhas e paradas) são parte do dispositivo de campo virtual e podem ser acessadas via uma relação de comunicação. As variáveis “valor desejado” (setpoint) e “receita” (recipe) não estão disponíveis neste caso.

Todos os **objetos de comunicação** de um dispositivo FMS são registrado em um dicionário de objetos (OD). O dicionário contém descrição, estrutura e tipo de dados, assim como a associação entre os endereços internos do dispositivo do objeto de comunicação e sua denominação no barramento (índice/nome).

Objetos de comunicação estática são registradas no dicionário de objetos estáticos. São configurados um única vez e não podem ser modificados durante a operação. FMS reconhece cinco tipos de objetos de comunicação.

§ variáveis simples;

§ matriz (array): série de simples variáveis do mesmo tipo;

§ registro (record): série de variáveis simples de diferentes tipos;

§ domínio (domain);

§ evento (event message);

Objetos de comunicação dinâmica são registrados na seção dinâmica do dicionário de objetos. Estes podem ser modificados durante a operação.

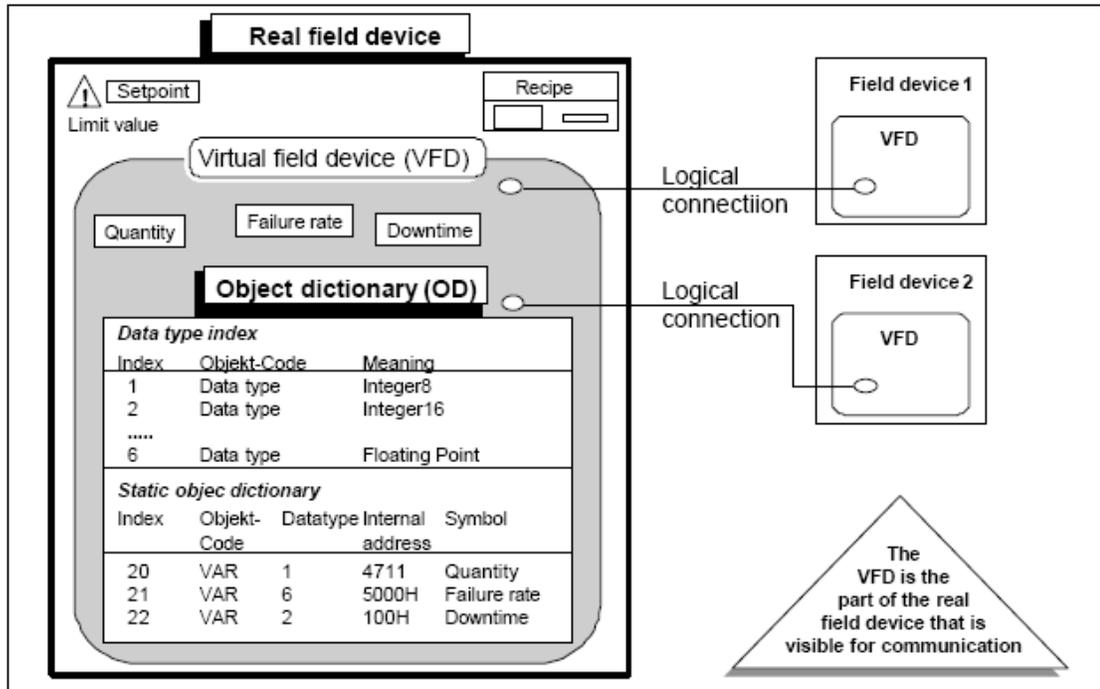


Fig. 2.18 - Virtual field device (VFD) with object dictionary (OD)[4]

Endereçamento lógico é o método preferido de endereçamento de objetos. O acesso é realizado com um endereço curto (índice) que é um número inteiro sem sinal. Cada objeto possui um único índice. Opcionalmente pode-se endereçar os objetos pelo nome. Objetos de comunicação podem também ser protegidos do acesso não autorizado através da **proteção de acesso**, ou os serviços de acesso é que podem ser restringidos (por ex. somente leitura).

2.6.4.1 FMS Services

Os serviços FMS são um subset dos serviços MMS ((MMS = Manufacturing Message Specification, ISSO 9506), que foram otimizados para aplicações de barramentos e que foram então estendidos por funções para a administração dos objetos de comunicação e gerenciamento de redes. A figura 2.19 provê uma visão geral dos serviços PROFIBUS disponíveis.

- § **Serviços confirmados** podem somente ser utilizadas para relação de comunicação orientada à conexão. A execução do serviço é mostrada na figura 2.20.
- § **Serviços não confirmados** podem também ser utilizados em relações de comunicação sem conexão (broadcasts e multicast). Podem ser transmitidos em alta ou baixa prioridade.

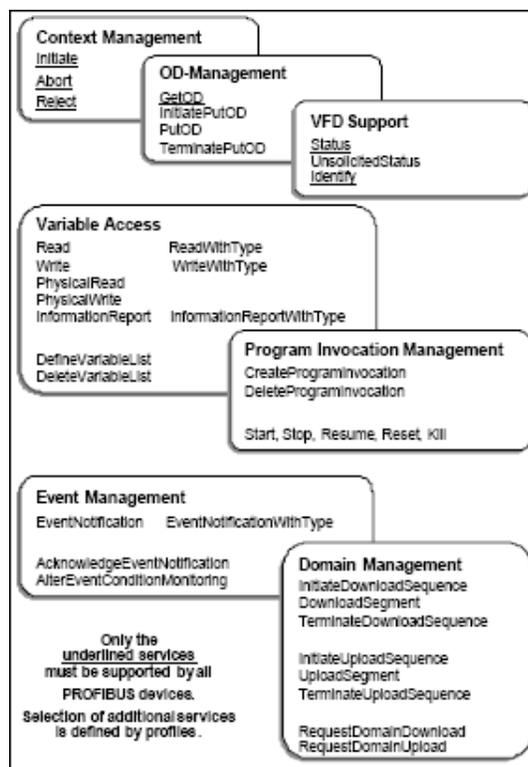


Figura 2.19 - Serviços FMS[4]

Os serviços FMS estão divididos nos seguintes grupos:

- § Serviços **gerenciamento do contexto** para estabelecer ou encerrar conexões lógicas
- § Serviços de **acesso à variáveis** utilizados para acessar variáveis, registros, matrizes ou lista de variáveis.
- § Serviços de **gerenciamento do domínio** utilizados para transmitir grande quantidades de memória. Os dados devem ser divididos em segmentos pelo usuário.
- § Serviços **gerenciamento de chamada de programas** utilizados para controle de programas.
- § Serviços de **gerenciamento de eventos** utilizados para transmitir mensagens de alarme. Estas mensagens são enviadas como transmissões mutlicast ou broadcast.
- § Serviços **VFD Support** utilizados para identificação e status. Podem ser enviados espontaneamente quando requisitado por um dispositivo como transmissão multicast ou brioadcast.
- § Serviços de **gerenciamento OD** utilizados para acessos de leitura e escrita ao dicionário de objetos. Lower Layer Interface (LLI).

O mapeamento das camadas 7 a 2 é gerenciada pela LLI. Tarefas incluem controle de fluxo e monitoração da conexão. O usuário comunica-se com outros processos através de canal lógico denominado de **associação de comunicação**. O LLI provê vários tipos de associação de

comunicação para a execução do FMS e serviços de gerenciamento. As associações de comunicação tem diferentes capacidades de conexão (isto é, monitoração, transmissão e demandas dos parceiros de comunicação).

Associações de comunicação orientada à conexão representam uma conexão lógica ponto-a-ponto entre dois processos de aplicação. A conexão deve primeiro ser estabelecida com um serviço Initiate antes que possa ser utilizado para transmissão de dados. Após tenha sido estabelecida com sucesso, a conexão é protegida contra acesso não autorizado e fica disponível para a transmissão de dados. Quando a conexão não é mais necessária, ela pode ser desconectada através do serviço Abort. O LLI possibilita a monitoração controlada por tempo para associações de comunicação orientados à conexão. Os atributos da conexão “aberta” e “definida” são outra importante característica de uma associação de comunicação orientada à conexão.

Nas **conexões definidas** o parceiro da comunicação é especificado durante a configuração. Em **conexões abertas** o parceiro da comunicação não especificado até a fase de estabelecimento da conexão.

Associações de comunicação sem conexão possibilitam a um dispositivo se comunicar simultaneamente com diversas estações utilizando serviços não confirmados. Em associações de comunicação **broadcast**, um serviço FMS não confirmado é simultaneamente enviado para todas as outras estações. Em relacionamentos de comunicação **multicast**, um serviço FMS não confirmado é simultaneamente enviados para um predefinido grupo de estações.

Todas as associações de um dispositivo FMS são registrados no CRL. EM dispositivos simples, a lista é definida pelo fabricante. No caso de dispositivos complexos, o CRL é configurável pelo usuário. Cada associação de comunicação é endereçado por uma designação abreviada, a **referência de comunicação (CREF)**. Do ponto de vista do barramento, uma CREF é definida pelo endereço da estação, ponto de acesso do serviço da camada 2 e LLI. O CRL contém a associação entre o CREF e a camada 2 bem como o endereço LLI. Adicionalmente, o CRL também especifica qual serviços DMS serão suportados, o tamanho dos telegramas, etc. para cada CREF.

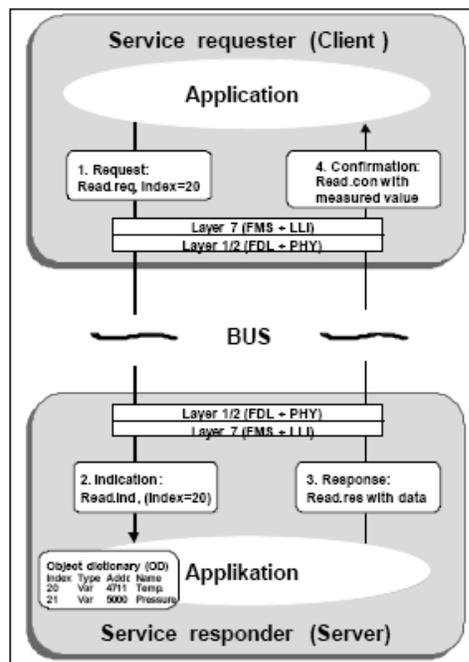


Figura 2.20: seqüência de um serviço FMS[4]

2.6.4.2 Gerenciamento de rede

Além dos serviços FMS, funções de gerenciamento de rede (**Fieldbus MAnagement Layer 7** = FMA7) estão disponíveis. As funções FMA7 são opcionais e permitem uma configuração central. Podem ser iniciadas remota ou localmente.

- § **Gerenciamento de Contexto** pode ser utilizado para estabelecer e desconectar um conexão FMA7.
- § **Gerenciamento da Configuração** pode ser usada para acessar CRL's, variáveis, contadores estáticos e parâmetros das camadas 1 /2. Pode também ser usada para identificação e registro das estações do barramento.
- § **Gerenciamento de Falha** pode ser usada para indica falhas/eventos e para reiniciar os dispositivos. Um acesso uniforme para os dispositivos de configuração é obtido através da especificação da conexão de gerenciamento padrão. Uma conexão de gerenciamento padrão deve ser registrada com CREF=1 no CRL para cada dispositivo que suporte serviços FMA7 como um responder

2.6.5. Perfil de Aplicação (Application Profile)

Os perfis de aplicação PROFIBUS descrevem o uso dos perfis físico e de comunicação para uma determinada aplicação (automação de processo, automação predial) ou para um certo tipo de dispositivo (*encoders, drivers*).

2.6.5.1. Automação de processo (PA)

O uso do PROFIBUS em dispositivos e aplicações típicas de automação e controle de processos é definido por perfil PA. O perfil pode ser obtido no documento número 3.042 da Associação PROFIBUS. Ele é baseado no perfil de comunicação DP e dependendo do campo de aplicação, os meios de comunicação:

IEC 61158-2, RS-485 ou fibra ótica podem ser usadas. O perfil PA define os parâmetros dos dispositivos e o comportamento de dispositivos típicos, tais como: transmissores de variáveis, posicionadores, etc. Independente do fabricante, facilitando assim, a intercambiabilidade do dispositivo e a total independência do fabricante. A descrição das funções e o comportamento dos dispositivos está baseado no internacionalmente reconhecido modelo de Blocos Funcionais (*Function Block Model*). As definições e opções do perfil de aplicação PA, tornam o PROFIBUS um conveniente substituto para transmissão analógica com 4 a 20mA ou HART.

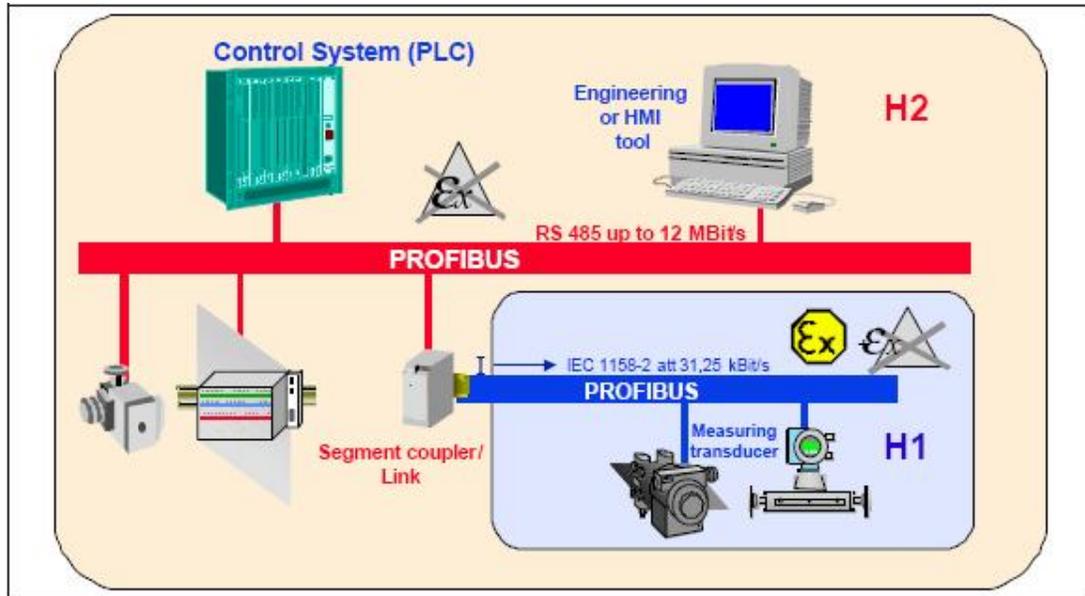


Figura 2.21: Configuração típica de um sistema em automação de processo[10]

O PROFIBUS também permite medir e controlar em malha fechada processos industriais através de um único par de cabos, além de efetuar manutenção e conexão/desconexão de dispositivos durante a operação, até mesmo em áreas perigosas. O perfil PROFIBUS-PA foi desenvolvido em cooperação conjunta com os usuários da indústria de processos (*NAMUR*) e possui os seguintes requisitos especiais para trabalho nestas áreas de aplicação[10]:

- § perfil de aplicação padronizado para automação e controle de processo e intercambiabilidade de dispositivos de campo entre diferentes fabricantes;
- § inserção e remoção de estações (dispositivos), mesmo em áreas intrinsecamente seguras, sem influenciar outras estações;
- § alimentação dos dispositivos tipo transmissores, executada via o próprio barramento, conforme o padrão IEC 61158-2;
- § possibilidade de uso em áreas potencialmente explosivas com proteções do tipo intrínseca (Eex ia/ib) ou encapsulada (Eex d)

2.6.5.1.1. Aspectos da comunicação

O uso do PROFIBUS em automação e controle de processo pode alcançar uma economia de até 40% em planejamento, cablagem, comissionamento e manutenção, além de oferecer um aumento significativo na funcionalidade e segurança do sistema. A figura 2.22, mostra as diferenças entre as ligações de um sistema convencional (4 a 20mA) e um sistema baseado em PROFIBUS.

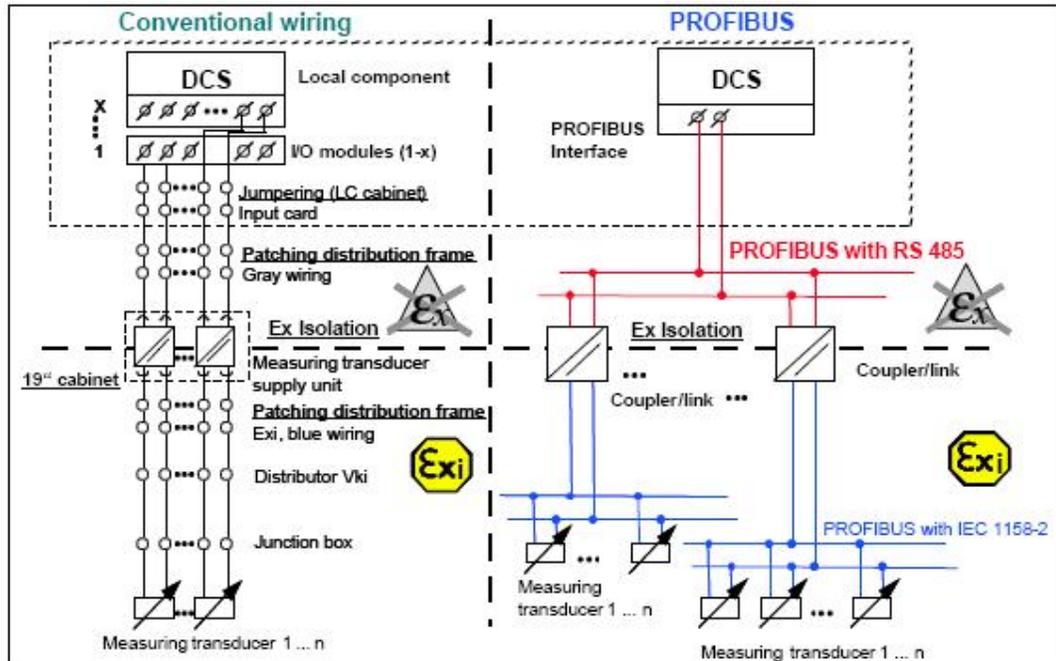


Figura 2.22: Comparação entre ligações convencionais e PROFIBUS[10]

Os dispositivos de campo em áreas classificadas são conectados via PROFIBUS utilizando a tecnologia IEC 61158-2, permitindo a transmissão de dados em conjunto com a alimentação do dispositivo, através de um único par de fios. A interface da área não-classificada, onde o PROFIBUS utiliza RS-485, é realizada por um acoplador ou um link. Diferente da fiação convencional, onde um fio individual é usado para cada sinal a ser ligado do ponto de medição ao módulo de E/S do sistema digital de controle (DCS), com o PROFIBUS os dados de vários dispositivos são transmitidos através de um único cabo. Enquanto uma alimentação separada (em caso de instalação à prova de explosão) para cada sinal na ligação convencional é necessária, o acoplador ou link de segmento realiza esta função em comum para muitos dispositivos em uma rede PROFIBUS. Dependendo dos requisitos da área classificada e do consumo de energia dos dispositivos, de 9 (Eex ia/ib) até 32 (não Ex) transmissores podem ser conectados em um acoplador/link de segmento. Isto economiza não somente na ligação, mas também nos módulos de E/S do DCS. Baseado no fato de que vários dispositivos podem ser alimentados em conjunto de uma única fonte de alimentação, ao utilizar PROFIBUS todos os isoladores e barreiras podem ser eliminados.

Os valores e o estado dos dispositivos de campo PA são transmitidos ciclicamente com alta prioridade entre um DCS (DPM1) e os transmissores usando as rápidas funções básicas do DP. Isto assegura que um valor de medição e seu estado estão sempre atualizados e disponibilizados no sistema de controle (DPM1). Por outro lado, os parâmetros do dispositivo para visualização, operação, manutenção e diagnóstico são transmitidos pelos Terminais de Engenharia (DPM2) com as funções DP acíclicas de baixa prioridade via conexão C2.

2.6.5.1.2. Aspectos da aplicação

Além de definições relevantes sobre comunicação, o perfil PA também contém definições sobre a aplicação, tais como: tipo de dados e unidades de medida do valor transmitido, assim como o significado da palavra de status que acompanha o valor medido. As especificações para a unidade

de medida e o significado dos parâmetros do dispositivo, tais como limites baixo e alto do range de medição são independentes do fabricante.

Para auxiliar no comissionamento é possível ainda a simulação de valores no próprio transmissor. Através da simulação pode-se definir um valor fictício usando uma ferramenta de engenharia, que é então transmitido do transmissor para o sistema de controle, ao invés do valor real da medição, facilitando a simulação de estados críticos de uma planta industrial e auxiliando o pessoal de comissionamento em um processo passo-a-passo.

O comportamento do dispositivo é descrito por variáveis padronizadas com as quais as propriedades dos transmissores são descritas em detalhes. A figura 2.23 mostra o princípio de um transmissor, descrito no bloco de função Saída Analógica (Analog Input)[10].

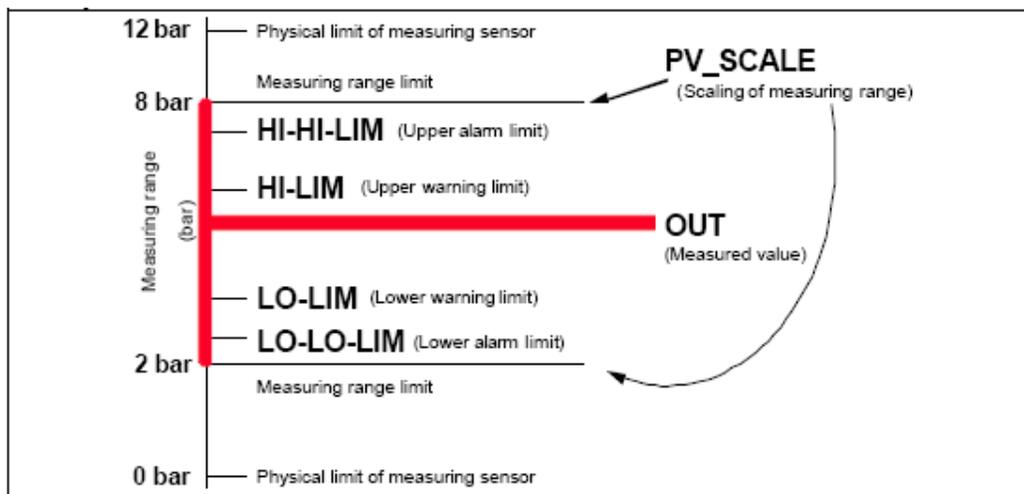


Figura 2.23: Ilustração dos parâmetros no perfil do PROFIBUS-PA[10]

O perfil PA consiste de uma folha de dados genérica contendo as definições aplicáveis para todos tipos de dispositivos e uma folha de dados do dispositivo contendo informações específicas para o determinado dispositivo. O perfil é adequado tanto para a descrição de dispositivos com somente uma variável de medida (*single variable*) quanto para dispositivos multifuncionais com várias variáveis de medida (*multivariable*).

O atual perfil do PROFIBUS PA (versão 3.0), define a folha de dados do dispositivo para os tipos mais comuns de transmissores:

- § Pressão e Pressão diferencial;
- § Nível, Temperatura e vazão;
- § Válvulas e posicionadores;
- § Analisadores;

2.6.5.1.3. Blocos de função (Function Blocks) PA

O perfil PA suporta a intercambiabilidade e a interoperabilidade de dispositivos de campo PA de diferentes fabricantes, usando o internacionalmente reconhecido modelo de blocos funcionais que descrevem parâmetros e funções do dispositivo. Os blocos de função representam diferentes funções do usuário, tais como entrada analógica ou saída analógica. Além dos blocos de função de

aplicação específica, dois blocos de função são disponíveis para características específicas do dispositivo (*Physical Block* e *Transducer Block*). Os parâmetros de entrada e saída dos blocos de função podem ser conectados via barramento e ligado as aplicações de controle de processo[8].

- § **Bloco Físico (Physical Block):** contém informações gerais do dispositivo, tais como: nome, fabricante, versão e número de série do dispositivo.
- § **Bloco Transdutor (Transducer Block):** contém dados específicos do dispositivo, tipo parâmetros de correção.
- § **Bloco de Entrada Analógica (“Analog Input Block”) – AI:** fornece o valor medido pelo sensor, com estado (“status”) e escala (“scaling”).
- § **Bloco de Saída Analógica (“Analog Output Block”) – AO:** fornece o valor de saída analógica especificada pelo sistema de controle.
- § **Bloco de Entrada Digital (“Digital Input Block”) – DI:** fornece ao sistema de controle o valor da entrada digital.
- § **Bloco de Saída Digital (“Digital Output Block”) – DO:** fornece a saída digital com o valor especificado pelo sistema de controle.

Uma aplicação é composta de vários blocos de função. Os blocos de função são integrados nos dispositivos de campo pelo fabricante do dispositivo e podem ser acessados via comunicação, assim como pelo Terminal de Engenharia.

Parâmetro	Leitura	Escrita	Função
OUT	•		Valor medido atual da variável de processo
PV_SCALE	•	•	Escala da faixa de medição da variável de processo, códigos para unidades e números de dígitos após o ponto decimal
PV_FTIME	•	•	Tempo de resposta da saída do bloco funcional em segundos
ALARM_HYS	•	•	Histerese do alarme, funciona como % do range de medição
HI_HI_LIMIT	•	•	Limite altp-alto de alarme: Se ultrapassado, bit de alarme e status são ativados
HI_LIMIT	•	•	Limite alto de alarme: Se ultrapassado, bit de warning e status são ativados
LO_LIMIT	•	•	Limite baixo de alarme: Se ultrapassado, bit de warning e status são setados
LO_LO_LIMIT	•	•	Limite baixo-baixo de alarme: Se ultrapassado para baixo, bit de interrupt e status são acionados
HI_HI_ALARM	•		Estado do limite alto-alto de alarme
HI_ALARM	•		Estado do limite alto de alarme
LO_ALARM	•		Estado do limite baixo de alarme
LO_LO_ALARM	•		Estado do limite baixo-baixo de alarme

Tabela 2.12: Parâmetros dos bloco de função saída analógica (AI)[8]

2.6.5.2. Aplicações “Failsafe”

O perfil PROFISafe (No. Ordem 3.092) define como dispositivos de Falha Segura (botões para parada de emergência, lâmpadas) são conectados a um Controlador Programável via PROFIBUS. Isto significa que as vantagens de um padrão de comunicação industrial aberto tipo PROFIBUS, pode ser também utilizado em áreas especiais onde até agora quase todos dispositivos são conectados convencionalmente.

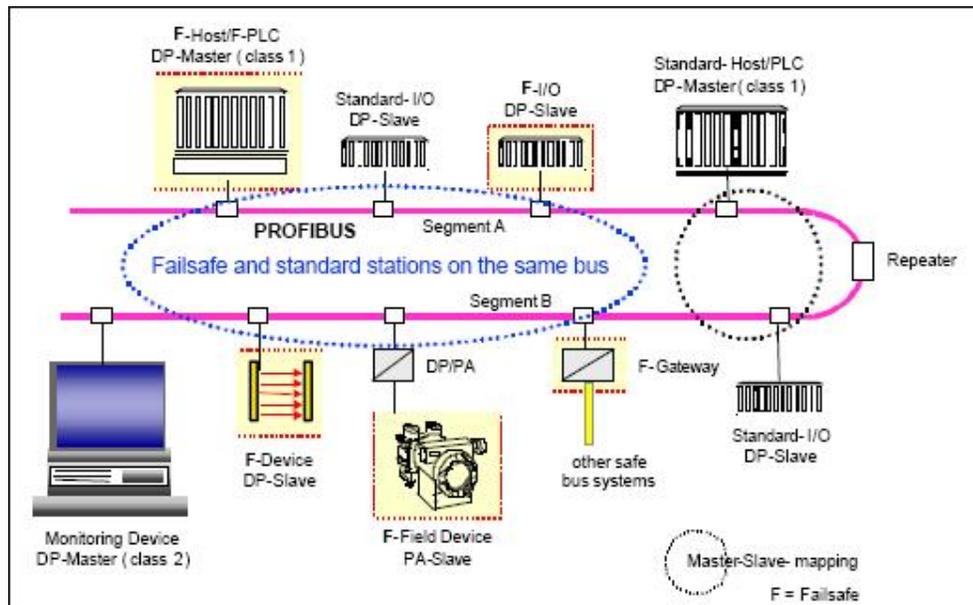


Figura 2.24: No perfil ProfiSafe, dispositivos failsafe podem comunicar-se via PROFIBUS[10]

Durante o desenvolvimento do conceito para transmissão segura de dados via PROFIBUS, o foco não foi somente a redução do gasto com fiação, mas também o grande campo de aplicação nas indústrias de manufatura e processo. Como resultado, dispositivos com perfil PROFISafe podem operar sem restrições e em harmonia com dispositivos padrão utilizando o mesmo meio físico. PROFISafe é baseado no perfil de comunicação do DP e pode ser operado com RS-485, fibra ótica ou IEC 61158-2.

O PROFISafe é uma solução de software de canal simples, que não requer nenhum cabo adicional. Ele leva em conta todos possíveis erros conhecidos que podem ocorrer durante uma comunicação serial (repetição, perda, inserção, seqüência incorreta, atrasos, dados de processo corrompidos e endereçamento errado) e define mecanismos de segurança adicionais estendendo os limites padrão de detecção e de eliminação de erros no protocolo de acesso ao barramento do PROFIBUS.

Por meio de uma inteligente seleção e combinação das medidas disponíveis, tal como numeração consecutiva, monitoração de tempo com reconhecimento, identificação fonte-alvo e controle CRC, assim como o patenteado *SIL Monitor*, foi possível alcançar a desejada classe de probabilidade de falhas até SIL3 ou AK6, ou categoria 4. Para os fabricantes de dispositivos Failsafe, há um software especial que implementa todas definições do perfil PROFISafe. Um fator relevante são os relatórios positivos que o perfil PROFISafe recebeu dos institutos TÜV e BIA.

2.6.5.3. Automação Predial

Este perfil (No. de Ordem 3.011) é dedicado a um ramo específico e serve como base para muitas solicitações públicas em automação predial. Baseado no Perfil de Comunicação FMS, ele define como controlar, monitorar, regular, operação, manipular alarme e arquivamento de sistemas de automação predial.

2.6.5.4. Perfis de Aplicação para tipos de dispositivos especiais

Baseado no perfil de comunicação DP, alguns outros perfis são definidos para os seguintes tipos de dispositivos:

Controladores NC/RC (3.052):

Este perfil descreve como robôs de manipulação e montagem são controlados. Cartas de fluxo mostram o movimento e controle de programa dos robôs do ponto de vista do sistema de mais alto nível da automação.

Encoders (3.062):

Este perfil descreve a conexão do DP de encoders de rotação, angulares e lineares com volta única e resolução multi-volta. Duas classes de dispositivos definem funções básicas e adicionais tais como escalonamento, manipulação de alarme e diagnósticos.

Acionamentos de Velocidade Variável (Drives) (3.072):

Este perfil especifica como os acionamentos são parametrizados e como setpoints e valores instantâneos são transmitidos. Isto habilita a intercambiabilidade de acionamentos de diferentes fabricantes. O perfil contém especificações para controle de velocidade e modos de posicionamento, além de especificar as funções básicas do acionamento, deixando liberdade para aplicações específicas e futuros desenvolvimentos.

Interface Homem Máquina (3.082):

Este perfil para Interfaces Homem Máquina (IHM) especifica a conexão destes dispositivos via DP com os componentes de um nível superior no sistema de automação. O perfil usa as funções estendidas DP para comunicação.

2.6.6. Desenvolvimento de Dispositivos

Dispositivos PROFIBUS possuem diferentes características de funcionalidade (p. ex.: número de I/O's, funções de diagnósticos ou de parametrização da comunicação, tais como taxa de transmissão e tempo de monitoração. Estes parâmetros variam individualmente para cada tipo de dispositivo e de fabricante e são normalmente documentados nos manuais técnicos. Apesar disto, a fim de tornar o PROFIBUS um sistema configurável facilmente, tipo Plug and Play, definiu-se um Arquivo de Dados Eletrônicos do Dispositivo (Arquivo GSD), onde estas informações são armazenadas.

Existem as mais diversas ferramentas de configuração para a rede PROFIBUS, contudo, baseado nestes arquivos GSD, é possível configurar mesmo uma rede PROFIBUS complexa, com os mais diversos dispositivos de diferentes fabricantes, de uma maneira simples, rápida e intuitiva.

2.6.6.1. Arquivos “GSD”

As características de comunicação de um dispositivo PROFIBUS são definidas na forma de uma folha de dados eletrônica do dispositivo (“GSD”). Os arquivos GSD devem ser fornecidos pelo fabricante dos dispositivos. Os arquivos GSD ampliam a característica de rede aberta, podendo ser carregado durante a configuração, utilizando qualquer ferramenta de configuração, tornando a integração de dispositivos de diversos fabricantes em um sistema PROFIBUS simples e amigável.

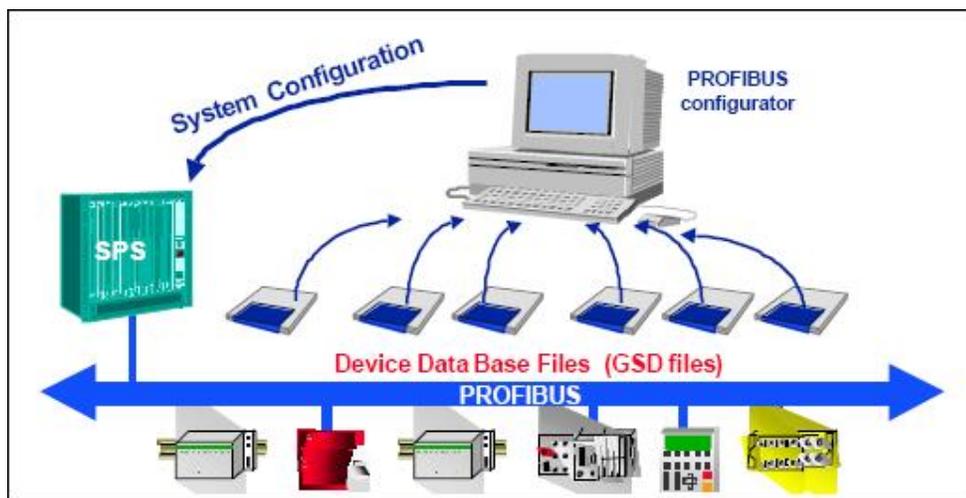


Figura 2.25: Arquivos GSD permitem configuração aberta[10]

Os arquivos GSD fornecem uma descrição clara e precisa das características de um dispositivo em um formato padronizado. Os arquivos GSD são preparados pelo fabricante para cada tipo de dispositivo e oferecido ao usuário na forma de um arquivo. Seu formato padronizado torna possível a utilização automática das suas informações no momento da configuração do sistema. O arquivo GSD é dividido em três seções[10]:

Especificações gerais

Esta seção contém informações sobre o fabricante e nome do dispositivo, revisão atual de hardware e software, taxas de transmissão suportadas e possibilidades para a definição do intervalo de tempo para monitoração

Especificações relacionadas ao Mestre

Esta seção contém todos parâmetros relacionados ao mestre, tais como: o número de máximo de escravos que podem ser conectados, ou opções de *upload* e *download*. Esta seção não existe para dispositivos escravo.

Especificações relacionadas ao Escravo

Esta seção contém toda especificação relacionada ao escravo, tais como: número e tipo de canais de I/O, especificação de informações e textos de diagnósticos nos módulos disponíveis.

Nas seções individuais, os parâmetros são separados por palavras chave. Uma distinção é feita entre parâmetros obrigatórios (por ex.: *Vendor_Name*) e parâmetros opcionais (por ex.: *Sync_Mode_supported*).

A definição dos grupos de parâmetros permite a seleção de opções. Além disso, arquivos do tipo *bitmap* com o símbolo dos dispositivos podem ser integrado. O formato do arquivos GSD contém listas (tal como velocidade de comunicação suportada pelo dispositivo) assim como espaços para descrever os tipos de módulos disponíveis em um dispositivo modular.

Na homepage do Associação PROFIBUS está disponível para download um Editor de GSD, a fim de auxiliar fabricantes que estejam desenvolvendo dispositivos PROFIBUS. A especificação dos arquivos GSD e seu formato podem ser encontrados nos Manuais:

§ No. 2122: Comunicação DP;

§ No. 2102: Comunicação FMS;

A Associação PROFIBUS mantém uma biblioteca abrangente de arquivos GSD da maioria dos dispositivos PROFIBUS disponíveis no mercado, acessíveis sem custo:

<http://www.profibus.org>

2.6.6.2. Ident Number

Todos os escravos e mestres classe tipo-1 devem possuir um número de identificação (ID). O mestre compara o número de identificação dos dispositivos conectados com o número de identificação especificado e gravado pela ferramenta de configuração do sistema. A transferência de dados do usuário não é inicializada até que os corretos tipos de dispositivos com as corretas estações tenham sido conectados no barramento. Isto oferece um alto grau de segurança contra erros de configuração. Fabricantes de dispositivos devem solicitar a Organização de Usuários PROFIBUS um número de identificação para cada tipo de dispositivo. A organização se responsabiliza também pela administração dos número de identificação (ID).

Uma faixa especial de números de identificação foi reservado para dispositivos PROFIBUS PA: 9700(h) – 977F(h), que pode ser usada por todos os dispositivos que atendam exatamente as definições do perfil PA versão 3.0 ou superior. A definição destes ID's gerais aumentam a intercambiabilidade dos dispositivos PA.

A seleção do número de identificação a ser usado pelo dispositivo deve ser feita de acordo com o tipo e número de blocos de função disponível. O número de identificação 9760(h) é reservado para dispositivos de campo PA com vários e diferentes tipos de blocos de função (dispositivos multivariáveis).

2.6.6.3. Descrição eletrônica do dispositivo (EDD)

A descrição eletrônica do dispositivo (EDD) traça as propriedades de um dispositivo PROFIBUS. A linguagem pode ser usada universalmente e permite descrições independente do fabricante tanto para dispositivos simples (sensores e atuadores) quanto para sistemas complexos. A

descrição eletrônica do dispositivo (EDD) é fornecida pelo fabricante do dispositivo em formato eletrônico para cada dispositivo. Os arquivos EDD são lidos pelas ferramentas de configuração simplificando assim o comissionamento e a manutenção do sistema PROFIBUS. Por um lado, os arquivos EDD descrevem as variáveis e a função de um dispositivo e por outro contém elementos para operação e visualização. Para uma completa especificação dos arquivos EDD, veja o documento No. 2152 do PROFIBUS.

2.6.6.4. Conceito FDT (Fieldbus Device Tool)

Dentro dos trabalhos em desenvolvimento, o comitê técnico de “Automação de Processo” da Organização PROFIBUS está atualmente trabalhando no conceito de uma ferramenta de engenharia de sistemas. A Ferramentas de Dispositivos de Campo (FDT) opera baseada na tecnologia Microsoft COM/DCOM, oferecendo uma base independente para acessar todas características de comunicação e aplicação de um dispositivo na configuração, operação e diagnóstico de um grande sistema no futuro. Neste conceito, todos parâmetros e opções de um dispositivo de campo são fornecidos pelo fabricante do dispositivo na forma de um DTM (*Device Type Manager*). Os arquivos GSD, os quais já existem hoje, e as descrições de dispositivos EDD, são componentes do DTM.

2.6.7. Opções de Implementação

Uma grande quantidade de componentes padronizados (tecnologia básica) está disponível para implementação do protocolo PROFIBUS, reduzindo assim gastos e tempo de desenvolvimento do fabricante dos dispositivos.

A tabela 2.12, mostra os componentes disponíveis, sendo que a decisão em favor de um determinado componente, depende primariamente da complexidade do dispositivo de campo, da performance e funcionalidade necessária.

Fabric.	Chip	Tipo	Características	FMS	DP	Microcontrolador adicional	SW Protocolo Adicional	Veloc. Máxima
AGE	Agent-PB	Master/Slave	FPGA-based, universal protocol chip	●	●	●	●	12 MBit/s
IAM	PBM	Master	Peripheral protocol chip	●	●	●	●	3 MBit/s
M2C	IX1	Master/Slave	Single chip or peripheral protocol chip	●	●	- / ●	- / ●	3 MBit/s
Siemens	SPC4	Slave	Peripheral protocol chip	●	●	●	●	12 MBit/s
Siemens	SPC3	Slave	Peripheral protocol chip	-	●	●	●	12 MBit/s
Siemens	DPC31	Slave	Protocol chip with integrated microcontroller	-	●	- / ●	●	12 MBit/s
Siemens	ASPC2	Master	Peripheral protocol chip	●	●	●	●	12 MBit/s
Siemens	SPM2	Slave	Single Chip, 64 I/O bits directly connectable to chip	-	●	-	-	12 MBit/s
Siemens	LSPM2	Slave	Low Cost, Single Chip, 32 I/O bits directly connectable to chip	-	●	-	-	12 MBit/s
PROFICHIP	VPC3+	Slave	Peripheral protocol chip	-	●	●	●	12 MBit/s
PROFICHIP	VPC LS	Slave	Low Cost, Single Chip, 32 I/O bits directly connectable to chip	-	●	-	-	12 MBit/s

Tabela 2.13: Componentes disponíveis para protocolo PROFIBUS[10]

2.6.7.1. Implementação de dispositivos simples

Para dispositivos de *I/O* simples, uma solução prática é a implementação com componentes do tipo *ASIC single-chip*. Todas as funções do protocolo já estão integradas neste componente, não sendo necessário nenhum microprocessador ou software, somente a interface de barramento, o cristal de quartzo e a eletrônica de potência como componentes externos. Como exemplo, existe o SPM2 da SIEMENS o IX1 da MC2 e o VPCLS da PROFICHIP.

2.6.7.2. Implementação de dispositivos inteligentes

Nesta forma de implementação, as partes críticas do protocolo PROFIBUS são implementadas em um *chip* de protocolo e as outras partes do protocolo são realizadas por software em um microcontrolador.

O DPC31 da SIEMENS representa uma combinação do microcontrolador e do *chip* de protocolo. Como chip de protocolo puro, existe o SPC3 (SIEMENS), VPC3+ (PROFICHIP) e IX1 (MC2) atualmente disponíveis.

2.6.7.3. Implementação de mestres complexos

Neste caso, assim como para os dispositivos inteligente, as partes críticas do protocolo PROFIBUS são implementadas em um *chip* e as outras partes do protocolo são realizadas por software em um microcontrolador. O ASPC2 (SIEMENS), IX1 (M2C) e PBM (IAM), estão atualmente disponíveis. Eles podem operar em conjunto com vários microprocessadores atuais.

2.6.7.4. Implementação de interfaces IEC 61158-2

Na implementação de dispositivos de campo, alimentado pelo barramento com a interface 61158-2, particular atenção deve ser dedicada em relação ao baixo consumo de potência. Como regra, a alimentação destes dispositivos será de 10mA. Esta alimentação, servirá para o dispositivo inteiro, incluindo a interface de barramento e a eletrônica de medição.

Para atender estes requisitos, chips especiais da SIEMENS e da SMAR estão disponíveis. O SIM1 da SIEMENS é frequentemente utilizado com o chip de protocolo SPC4. A figura 2.26, mostra uma configuração típica com uma placa padronizada.

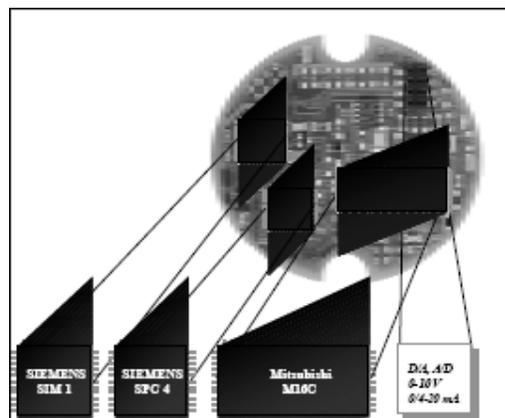


Figura 2.26: Exemplo de implementação de escravo PROFIBUS com interface IEC 61158-2[10]

Para maiores detalhes da implementação de dispositivos PROFIBUS com interface IEC 61158-2, veja o documento No. 2.092 do PROFIBUS.

2.6.8. Certificação de Dispositivos

O padrão PROFIBUS EN50170 é a garantia que os dispositivos irão comunicar-se entre si. Para garantir que dispositivos PROFIBUS de diferentes fabricantes possam comunicar-se facilmente uns com os outros, a Organização de Usuários PROFIBUS estabeleceu um procedimento assegurado, no qual certificados são fornecidos para os dispositivos testados em laboratórios de teste credenciados.

O objetivo desta certificação é oferecer aos usuários a segurança necessária para uma operação tranqüila com dispositivos de diferentes fabricantes. Para se obter esta certificação é necessário submeter os vários dispositivos à um teste abrangente em laboratórios especializados. Assim, eventuais erros devido a uma interpretação equivocada do padrão por parte dos engenheiros de desenvolvimento são detectados e corrigidos antes mesmo do dispositivo ser efetivamente utilizado em aplicações reais. A interoperabilidade com outros dispositivos certificados também é testada. É importante notar que os testes são executados por especialistas independentes. Após a aprovação, um certificado é emitido pela Organização de Usuários PROFIBUS.

A certificação é baseada na Norma EN 45000. Como especificado nesta norma, a Organização de Usuários PROFIBUS autoriza laboratórios de teste independente de fabricantes para a execução dos mesmos. Os procedimentos de teste e certificação são definidos nos seguintes documentos:

- § No. 2032: Especificação de teste para escravos;
- § No. 2061: Especificação de teste para dispositivos de campo PA;
- § No. 2071: Especificação de teste para mestres DP;

Antes do teste o fabricante deve solicitar um *Ident_Number* da Organização de Usuários PROFIBUS e preparar um arquivo GSD para o dispositivo. Todos os laboratórios de teste utilizam um procedimento de teste padronizado. O teste é documentado em detalhes e os registros são disponibilizados ao fabricante e à Organização de Usuários PROFIBUS. O relatório do teste é a base da garantia do certificado.

O **teste de hardware** examina a eletrônica da interface, que é checada de acordo com as especificações RS485. As características elétricas (por exemplo: resistores de terminação, interface ao barramento e nível da linha) são testadas. Além disso, a documentação técnica e registros no arquivo GSD são checados em relação aos parâmetros do dispositivo.

O **teste de função** examina o acesso ao barramento e o protocolo de transmissão, assim como a funcionalidade do dispositivo. O arquivo GSD é usado para parametrizar e adaptar o sistema de teste. Este procedimento não requer nenhum conhecimento da estrutura de implementação. As reações geradas pelo dispositivo em teste podem ser monitoradas no barramento e registradas via um monitor de barramento. Se necessário, as saídas do dispositivo também são monitoradas e registradas. Durante as seqüências de teste, as quais são dedicadas aos relacionamentos de tempo no barramento, são analisados os dados registrados com um monitor de barramento e comparado-os com os valores padrão.

O **teste de conformidade** é a principal parte do teste. A implementação do protocolo é checada para conformidade com o padrão PROFIBUS. O comportamento desejado é combinado para formar uma seqüência de teste a qual pode ser adaptada para um dispositivo em teste. O comportamento real é analisado e comparado com o comportamento desejado, e os resultados são registrados em um arquivo de protocolo.

- § **Comportamento em caso de falha:** Falha de barramento (por ex.: interrupção de barramento, curto-circuito e falha de tensão de alimentação) são simuladas.
- § **Endereçabilidade:** O dispositivo é endereçado dentre qualquer três endereços dentro de uma faixa de endereços e testado para funcionamento correto.
- § **Dados de diagnóstico:** Os dados de diagnósticos devem corresponder aos registros no arquivo GSD e ao padrão da norma.
- § **Operação mista:** Combinação de escravos são cheçadas para operação com um Mestre FMS e DP.

Durante os **testes de interoperabilidade** e carregamento com vários dispositivos PROFIBUS de outros fabricantes, o dispositivo é testado em um ambiente multi-fabricante. Um cheque é feito para determinar se a funcionalidade de um sistema inteiro continua preservada quando o dispositivo em teste é adicionado.

Após a aprovação do dispositivo em todos os procedimentos de teste, o fabricante pode solicitar um certificado da Organização de Usuários PROFIBUS. Todo dispositivo certificado recebe um número de certificação como referencia. O certificado é válido por 3 anos, mas pode ser prolongado mediante um teste adicional. Para encontrar um laboratório de teste PROFIBUS, consulte o site da Associação na Internet:

<http://www.profibus.org>.

2.6.9. Novos Desenvolvimentos Técnicos

A Organização de Usuários PROFIBUS, iniciou alguns novos desenvolvimentos técnicos. O objetivo principal é oferecer o PROFIBUS com novas funcionalidades, além de abrir espaço em outros campos de aplicação, a fim de tornar o PROFIBUS um padrão de rede de campo para praticamente todas as aplicações industriais.

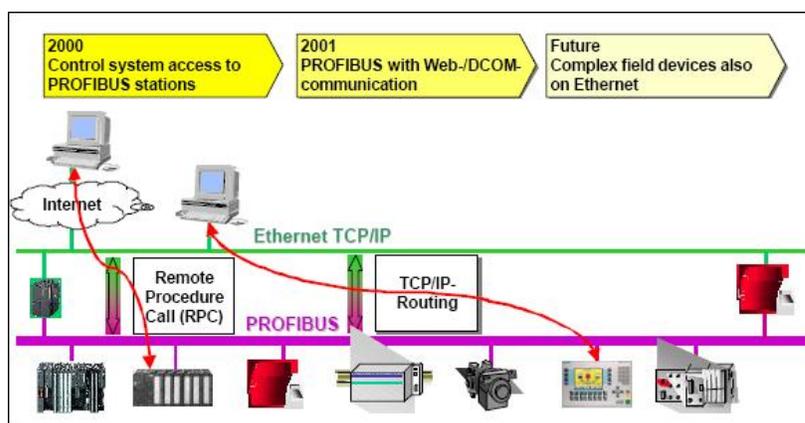


Figura 2.27: Integração da Ethernet na comunicação PROFIBUS[10]

PROFIBUS & Ethernet

Esta inovação do PROFIBUS está relacionada ao acoplamento transparente do PROFIBUS e Ethernet. PROFIBUS vem observando tendências na direção da integração de dados em grandes companhias desde do sistema de controle até o nível de dispositivos de campo distribuídos. A organização de usuários PROFIBUS pretende implementar isto, em três estágios.

- § Mapeando os serviços de engenharia do PROFIBUS para TCP/IP, acesso a imagens de processo, parametrização e diagnóstico de dados assim como na definição de interfaces de software relevantes baseada em OPC. Isto significa que os usuários poderão configurar e monitorar dispositivos PROFIBUS via Ethernet e Internet. Parametrização e dados de diagnósticos de dispositivos de campo são conseqüentemente também disponibilizados para software em ambientes de escritório.
- § Roteamento direto do TCP/IP para PROFIBUS. Tecnologia Internet e o mundo da Microsoft estão chegando ao nível de campo. Por exemplo, servidores WEB estarão possíveis com os dispositivos de campo. Sistemas operacionais baseados em Microsoft em complexos dispositivos de campo podem acessar serviços já conhecidos.
- § Dispositivos de campo complexos são representados como distribuídos, sistemas orientado a objeto. Dispositivos de campo simples podem ser integrados dentro deste mundo via o conceito de servidores *Proxy*. Esta visão – a coexistência de dispositivos de campo simples com sistemas complexos – é suportada ainda mais nesta fase.

Novas funções para controle de movimento

Uma outra inovação está ligada aos acionamentos de velocidade variável. Junto com os fabricantes líderes de mercado, o objetivo é prover seqüências de controle de movimento rápido usando o PROFIBUS. Com as novas funções, os controles digitais de malha fechada poderão ser realizados no futuro com PROFIBUS, cuja a tarefa é sincronizar os ciclos do software de aplicação do sistema de controle, com transmissão de dados no barramento e com os ciclos do software nos acionamentos.

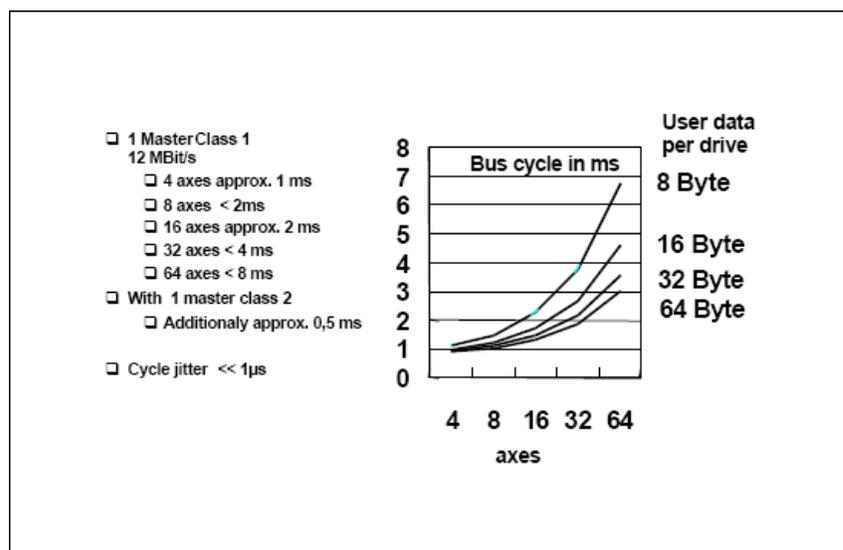


Figura 2.28: Tempo de ciclo do barramento com sincronização de clock[10]

O objetivo é operar doze eixos sincronizadamente com tempo de ciclo de barramento menor que dois milissegundos e também, sem causar distúrbios no ciclo, permitir acesso acíclico aos parâmetros para tarefas de operação, monitoração e engenharia.

A sincronização do clock será implementada usando um sinal de clock equidistante no barramento, que será enviado pelo mestre para todas estações no barramento como um telegrama de controle global. Mestre e escravo podem então usar este sinal para sincronizar as suas aplicações. Para tecnologia de acionamentos, a comunicação forma a base para sincronização dos acionamentos. Não somente o telegrama de comunicação é implementado no barramento em um mesmo tempo mas o algoritmo de controle interno, tal como controladores de corrente e velocidade na unidade do acionamento ou controlador são também sincronizados no sistema de automação. Escravos padrão simples, por exemplo módulos de entradas e saídas, podem tomar parte neste sincronismo do barramento sem nenhuma modificação. Usando a função *Sync* e *Freeze*, os dados de entrada e saída são congelados no momento do ciclo e transmitidos no próximo ciclo. Uma pré-condição para a correta sincronização no sistema total é que o número de mestres no barramento seja restrito a um Mestre DP classe 1 e um Mestre DP classe 2 (ferramenta de engenharia). Para implementar a comunicação entre escravo-escravo, o tão chamada modelo produtor/consumidor é usado. Escravos declarados como publicadores tornam seus dados de entrada disponíveis para outros escravos, os consumidores, de maneira que também possam ser lidos por eles. A comunicação é efetuada ciclicamente.

Existindo escravos que ainda não tenha implementado as extensões do protocolo podem ser operados no mesmo segmento do barramento com acionamentos que já suportem as novas funções. A especificação das funções e serviços também levam em conta simples implementações com componentes “ASICs” em mestres e escravos.

3. Estudo de Caso.

3.1. COCAMAR

A Cocamar (fig.3.1) é uma tradicional indústria alimentícia produtora de óleo comestível, situada na cidade de Maringá no estado do Paraná. Atualmente a Cocamar possui o maior parque industrial do cooperativismo brasileiro.



Figura 3.1: Foto Cocamar – Fonte [www.cocamar.com.br]

Este estudo de caso é sobre a nova refinaria, onde foi ampliada a sua capacidade de processamento de 200 para 420 toneladas de óleo por dia.

Graças a um investimento de R\$ 8,2 milhões, uma nova refinaria de óleos vegetais, um sistema de caldeiras multicomcombustível, uma estação rebaixadora de energia e um grande secador de cereais, foi possível separar a produção de óleo de soja da linha de óleos especiais(canola, milho e girassol).

3.2. DESCRIÇÃO DO PROJETO

O projeto foi elaborado fazendo uso das tecnologias PROFIBUS e AS-i para as redes de campo.

Todo o processo de controle de fabricação foi definido pelo departamento de engenharia da Cocamar (Fábrica de óleos).

A integração dos sistemas foram feitos pela SHW – que é um integrador especializado na área de Extração e Refino de óleo vegetal enquanto o suporte técnico dos equipamentos de campo e rede PROFIBUS-PA, ficaram a cargo dos fornecedores Siemens e Smar, motivo que pesou na decisão em se partir para automação com padrões abertos de redes porem ainda podemos destacar mais fatores que contribuíram:

- § vários fornecedores e com interoperabilidade entre os mesmo,
 - § a facilidade de encontrar no mercado brasileiro uma linha ampla de fornecedores de produtos para este tipo de padrão
 - § facilidade de implementação, pouco treinamento, economia de espaço físico, redução de hardware e software
 - § E ainda, o PROFIBUS é um protocolo completo atendendo tanto a indústria de manufatura quanto de processos, ou seja, pode-se no mesmo sistema implementar remotas com pontos de I/O discretos/analógicos e fazer uso da instrumentação inteligente no campo.
- §

3.3. INVESTIMENTOS

O total de investimento destinado à planta no ano de 2001 foi de aproximadamente U\$ 1.100.000,00.

Com a automação da planta em PROFIBUS, houve uma economia de U\$92.000,00 em relação ao sistema 4 a 20mA.

O custo do projeto para automação foi de U\$ 408.000,00 e o valor planejado era U\$ 510.000,00.

Segundo a COCAMAR a economia maior foi no tempo de implantação, espaço físico, treinamento e startup. Todo o treinamento foi feito durante o startup, quando os técnicos e instrumentistas acompanharam a configuração e instalação do sistema e equipamentos.

3.4. ARQUITETURA DO SISTEMA

O mestre é um CLP Simatic S7 CPU 416-2DP Siemens, que gerencia três barramentos. A figura 3.2 ilustra uma a idéia da arquitetura implementada na planta.

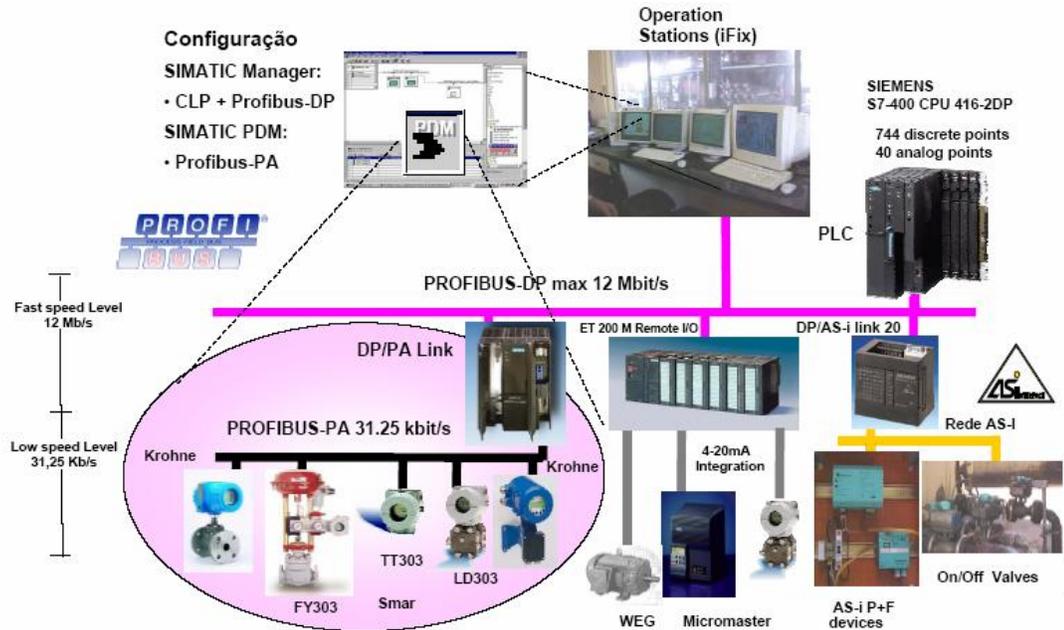


Figura 3.2: Arquitetura: Automação abrangente PROFIBUS [Siemens/Cocamar]

§ No primeiro barramento PROFIBUS-DP(System1) tem-se as remotas de I/O ET 200 M e os módulos DP/AS-i e DP/AS-i DM.

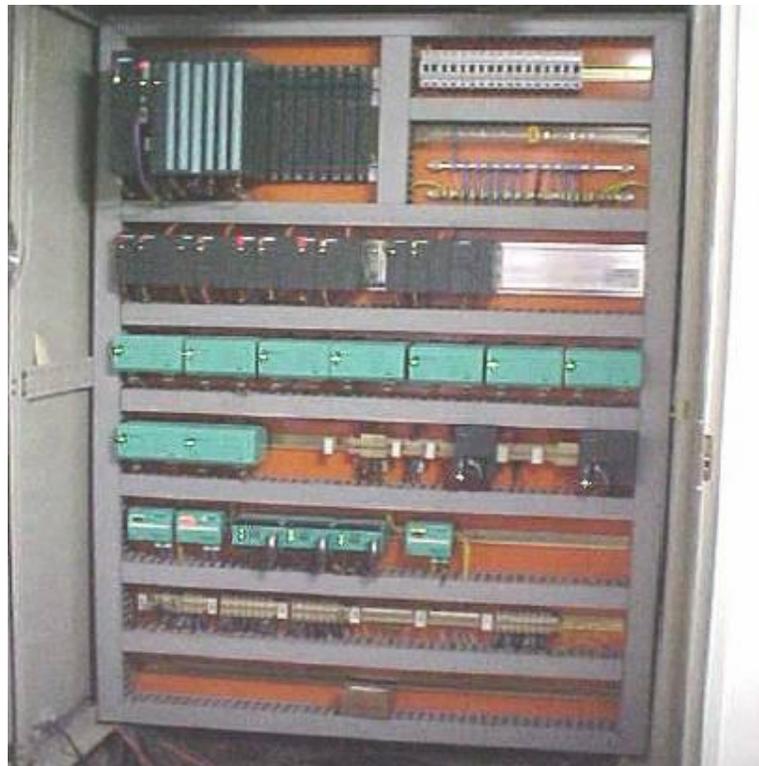


Figura 3.3: Painel com PLC S7 416-2 DP e DP/ASi Links [Cocamar]

- § No segundo barramento PROFIBUS-DP (System2) tem-se os DP/PA Links Siemens para a geração dos segmentos em Profibus-PA (fig3.4).



Figura 3.4: Instrumentos Profibus-PA no campo [Cocamar]

- § No terceiro barramento PROFIBUS-DP(System3) tem-se os PCs de Configuração (STEP 7) e Supervisão do sistema (Estações iFix redundantes) (fig3.5).



Figura 3.5: Estações de Supervisão e Operação [Cocamar]

- § As taxas de comunicação dos barramentos em Profibus-DP é de 12MBit/s e dos segmentos em Profibus-PA é de 31,25 Kbits/s.
- § A configuração do CLP, sistema de remotas de I/O ET 200 M (fig. 3.6) e das redes Profibus-DP é realizada pelo software Simatic Manager da Siemens (fig. 3.7), onde se é feito toda a configuração das redes Profibus, toda a configuração do hardware, programação das malhas PID, programação dos intertravamentos, etc.



Figura 3.6:Painéis remotas ET 200M e CCM's vista geral [Cocamar]

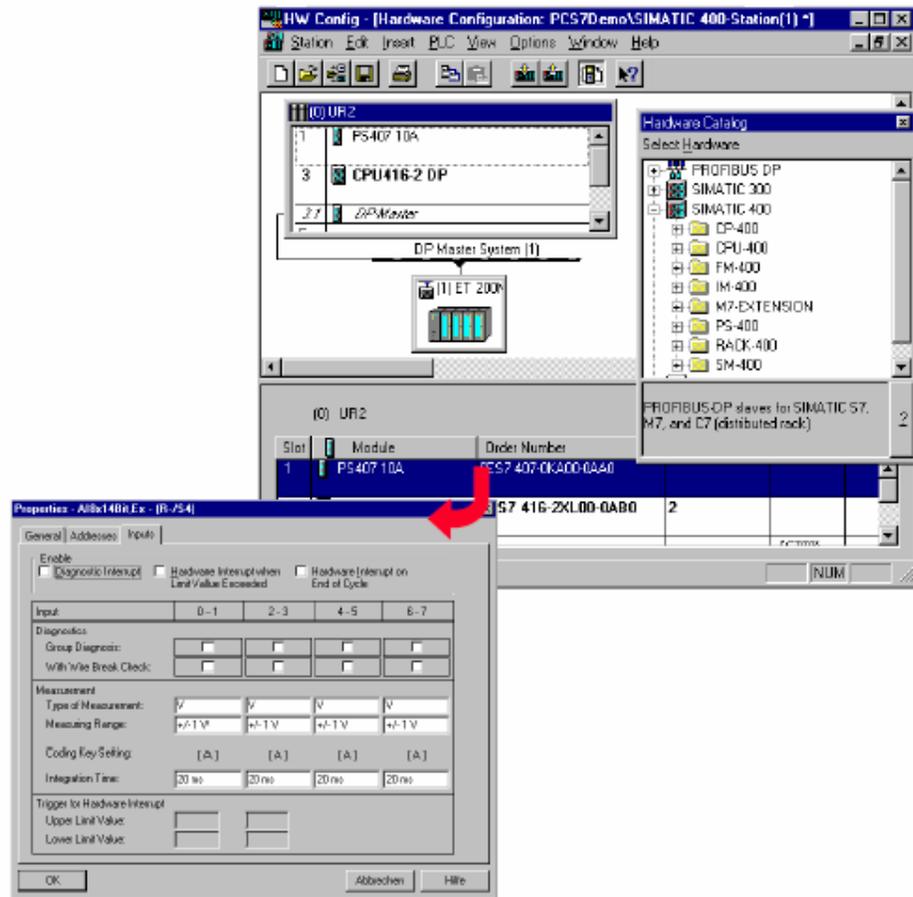


Figura 3.7: Simatic Manager [Siemens]

§ A configuração e parametrização dos instrumentos de campo em Profibus-PA é realizada através do software Simatic PDM (fig. 3.8) da Siemens. Esta ferramenta é um gerenciador de instrumentos Profibus e Hart, através dela é possível que se faça a parametrização remota dos instrumentos de campo, calibração e configuração, localização dos instrumentos na rede Profibus-PA tendo também diagnose de instrumentos durante a ocorrência de falhas podendo auxiliar como diagnose preventiva.

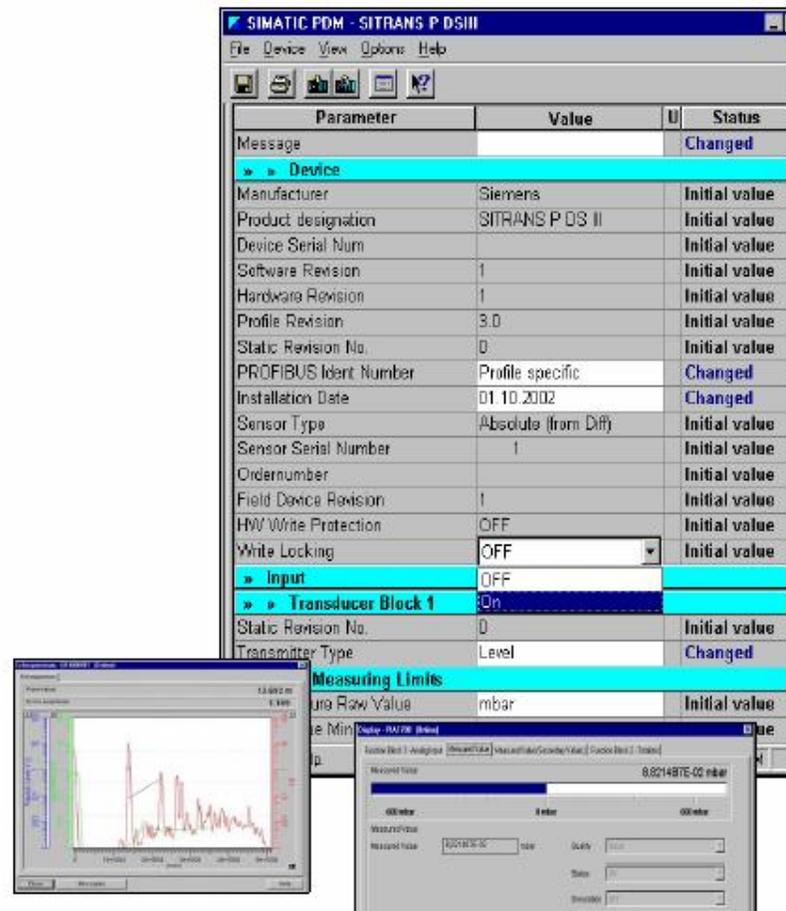


Figura 3.8: Simatic PDM [Siemens]

3.5. DISTÂNCIAS ENVOLVIDAS

A maior distância para um segmento de rede nesta planta é de 320 metros, onde se permite o monitoramento de níveis, temperaturas e volumes que são da área A de acondicionamento de óleos degomado e óleos pronto para envase.

Existe ainda um segundo segmento com 183 metros na área B, similar a área A.

Nesta aplicação todos os segmentos Profibus-DP utilizam o RS-485 como meio físico, não havendo links em fibra óptica.

Para esta aplicação não houve o uso de redundância de meio físico para as redes Profibus-DP.

3.6. FABRICANTES E EQUIPAMENTOS

Os equipamentos existentes nessa planta são Medidores de Vazão Mássicos, Eletromagnéticos, Orifício Integral, Vortex, Vazão com placa de orifício, Transmissores de Pressão Diferencial, Absoluta e Temperatura, sendo utilizados tanto instrumentação convencional (4-20 mA), quanto instrumentos em Profibus-PA

Os fornecedores de equipamentos para a automação dessa planta foram:

§ Conautkrohne

§ Fischer Porter

§ Smar

§ Yokogawa

§ Siemens

§ Metroval

§ Ifm•Pepperl+Fuchs

§ Consistec•Nivetec, etc.

A Integração do sistema PROFIBUS com a instrumentação em 4-20mA foi feito através das remotas de I/O ET 200 M do PLC Siemens (CPU 416-2 DP).

3.6.1. Acionamento Discreto

Em termos de acionamento discreto tem-se motores elétricos WEG, válvulas direcionais e conversores de frequência Micromaster-SIEMENS.

Os motores elétricos são acionados através das remotas ET 200M.

O acionamento das válvulas direcionais e os retornos de válvulas ON/OFF são feitos através da rede AS-i, com barramento de I/O digital integrado aos segmentos Profibus-DP via os módulos getways DP/AS-i Links.

Os conversores de frequência são controlados através de sinais de 4 a 20mA ligados em remotas ET 200 M.

A CPU 416-2 DP (fig. 3.9) controla um total de 744 pontos digitais e 40 pontos analógicos, distribuídos nas remotas de I/O ET 200 M, porem esta cpu é capaz de controlar até dez redes profibus alcançando até 65.000 pontos de I/O.

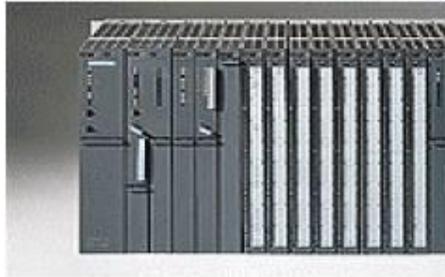


Figura 3.9: PLC Simatic S7-400 [Siemens]

3.6.2. PROFIBUS PA

Nos segmentos Profibus-PA há um total de 155 equipamentos.

Todos os instrumentos presentes nas redes Profibus-PA, onde foram utilizados equipamentos Smar, foram configurados e comissionados através do software Simatic PDM (Process Device Manager) da Siemens.





Figura 3.10: Instrumentos Profibus-PA no campo [Cocamar]

O maior segmento possui um comprimento de 180 metros. São seis segmentos com DP/PA Link/Couplers:

- § Segmento 1: 27 equipamentos.
- § Segmento 2: 19 equipamentos.
- § Segmento 3: 30 equipamentos.
- § Segmento 4: 29 equipamentos.
- § Segmento 5: 30 equipamentos.
- § Segmento 6: 20 equipamentos.

3.6.3. Equipamentos de Campo

Os equipamentos de campo são na maioria da Smar.

Foram utilizados transmissores de temperatura Smar (TT303) (fig. 3.11), nas áreas de neutralização, lavagem, degomagem, branqueamento e desodorizador.



Figura 3.11: Transmissor de Temperatura

Foram utilizados medidores de vazão mássicos em conjunto com medidores de vazão eletromagnéticos para a dosagem de ácidos e soda.

Foram utilizados os transmissores de pressão diferencial Smar (LD303)(fig. 3.12) para o controle de níveis nas áreas de acondicionamento de óleos e vazão de vapor.



Figura 3.12: Transmissor de Pressão

Foram também utilizados os posicionadores de válvulas Smar (FY303)(fig. 3.13) e transmissores de pressão absoluta Smar (LD303), para medição de vácuo.



Figura 3.13: Posicionador

Toda a linha de produtos 303 Series da Smar é inter operável com os equipamentos de outros fabricantes como E+H, Siemens, Krohne, Bürkert, Hartmann+ Braun, Pepperl+ Fuchs, Samson e puderam ser confirados pelo Simatic PDM –Siemens –Software Universal –EDDL o que contribuiu para reduzir tempo de comissionamento e star-up
ProfileV3.0: última revisão.

3.7. HISTÓRICO DA SHW COM PROFIBUS

A empresa SHW possui um amplo know-how no segmento alimentício isso também contribuiu muito para o bom funcionamento de todo o sistema. Citamos alguns projetos por eles já feitos:

- 1.Fábrica de Óleo 2000TPD de Soja –COAMO –Paranaguá / PR em 1998 (projeto pioneiro na área de Extração de Óleo Vegetal).
2. Fábrica de Ração 30TPH –COMIGO –Rio Verde / GO em 2000
- 3.Refinaria Óleo de Soja -COCAMAR –Maringá / PR em 2001
- 4.Refinaria Multi Óleos -COCAMAR –Maringá / PR em 2001
- 5.Hidrogenação 30TPH –BUNGE –Jaguapé / SP [em fase de start up] em 2003
- 6.Hidrogenação 15TPH –BUNGE –Jaguapé / SP [em fase de instalação] em 2003
- 7.Hidrogenação 15TPH –BUNGE –Jaguapé / SP [em fase de instalação] em 2003
- 8.Refinaria 600 TPD –COINBRA –Ponta Grossa / PR [em fase de instalação] em 2003
- 9.Refinaria 600 TPD –COINBRA –Alto Araguaia / GO [em fase de instalação] em 2003

3.8. VISÃO DA SHW

Pelo ponto de vista do integrador as principais vantagens em se utilizar um padrão de rede aberto foram:

1. Engenharia reduzindo tempo de desenvolvimento do projeto em si;
2. Instalação – mais simples, mais pratica, mais limpa ficou a instalação o que facilitara as futuras manutenções;
3. Comissionamento
- 4.Start up

5. Manutenção

6. Ampliação

A SHW descreve uma satisfação pela adoção da Solução em Profibus - PA como padrão para os novos projetos como por exemplo:

- COAMO: nas plantas de Margarina, Hidrogenação, nova fábrica de Óleo e em duas Caldeiras.
- COMIGO: na nova fábrica de Óleo e na Caldeira.

Segundo eles trata-se de uma solução consistente para aplicação em área de risco além de possuir uma ampla linha de fornecedores de instrumentos.

3.9. VISÃO DO USUÁRIO

Segundo a Cocamar o sistema é muito bom e estável sendo de simples manuseio e que requer pouco treinamento.

A manutenção é fácil e rápida. Ao se ter algum problema em algum equipamento, a substituição é feita pelo próprio electricista ou instrumentista que faz o endereçamento e coloca a malha para operar. É considerado pelo pessoal da manutenção, um sistema muito fácil de se trabalhar.

O startup e configuração dos equipamento de vários fabricantes foram muito rápidos e o mais demorado foi sintonizar as malhas de controle.

Quanto às dificuldades foram com os softwares de configuração que até então eram muito pouco conhecidos, mas com todo suporte necessário, conseguiu-se com muito sucesso e em tempo hábil, retomar a produção em doze dias, na primeira planta (a refinaria de óleo de soja) e quinze dias a refinaria de óleos especiais e ainda uma planta de winterização, com capacidade para oitenta toneladas dia.

É muito fácil de se trabalhar com o PDM e os equipamentos Smar.

É tão grande a satisfação com o sistema que uma nova fábrica de Maionese foi inaugurada em fevereiro de 2003 com a tecnologia PROFIBUS.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento deste trabalho permitiu o aprofundamento de conhecimentos no domínio da concepção, realização do ponto de vista material e sua utilização em sistemas automatizados de produção, com o aprimoramento, atualização dos conceitos sobre a tecnologia de automação hoje aplicada, que para tal, previamente é necessário conhecer-se as diversas tecnologias de automação, os seus elementos: processadores, sensores, atuadores, software e redes de comunicação.

Neste trabalho de pesquisa foram apresentadas informações fundamentais para a implementação de redes de comunicação Profibus, que visa contribuir com a automação em toda sua abrangência de aplicação e sua engenharia.

Os resultados obtidos a partir do desenvolvimento deste trabalho são de suma importância e imprescindível para a atualização do conhecimento tecnológico, no ensino dos profissionais, no sentido de conhecerem o que faz a diferença e a industrialização mundial esta vivendo uma nova era, a era da competitividade onde novas filosofias, conceitos ou métodos, ferramentas e técnicas estão diferenciando as empresas e profissionais e assegurando seu futuro.

As empresas defrontam-se com uma envolvente competitividade e mudança cada vez mais acelerada. Em um dos grandes desafios da gestão atual é precisamente o de responder e antecipar mudanças.

O futuro da automação mundial esta indiscutivelmente ligado à tecnologia das redes de comunicação e aperfeiçoamentos, que estão causando profundas transformações.

Todas as visões indicam que a ciência e a tecnologia estarão diante de grandes desafios. Os pesquisadores terão que se confrontar com uma explosão de conhecimentos. E mais do que nunca serão questionados os limites do progresso e seus efeitos sobre o ser humano e a natureza.

O desenvolvimento da técnica esta sendo tão rápido que o conhecimento adquirido não pode ser aplicado por muito tempo.

Aprender a vida toda não é apenas um ideal que se almeja, mas uma necessidade vital.

Robson L. Barbieri

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] JUNIOR, José Zakir. Redes Locais. O Estudo de seus elementos. 1ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 1998.
- [2] MENDES, Manoel de Jesus. Redes Industriais de Chão de Fabrica Apostila de redes. Campinas, 1991.
- [3] PROFIBUS, Technical Description. PROFIBUS Nutzerorganisatione e. V. 1997.
- [4] PROFIBUS, Descrição Técnica. PROFIBUS Nutzerorganisation e.V. 2000.
- [5] STIUBINER, Stefânia. Arquitetura de Redes de Computadores. São Paulo: Makron Books, 1995.
- [6] The Instrumentation, Systems and Automation Society. Article Archive. Available: www.isa.org ; fieldbus.isa.org
- [6] Fieldbus Foudation. About FF, Productcs e Services News. Available: www.fieldbus.org
- [7] Profibus, User Organisation. Technical Description. Press Releases, Product Catalogue, Library. Available : ‘www.profibus.org’
- [8] Siemens, Treinamento Redes de comunicação para Automação Industrial, Profibus, 2002.
- [9] Iorio, Luiz Carlos. Redes de Comunicação em Automação Industrial ênfase na solução tecnológica da plataforma PIPEFE. Unicamp, 2002.
- [10] organização Profibus Brasil. www.profibus.org.br. 2005.