

Curso de Tecnologia em Biocombustíveis

A TECNOLOGIA PROFIBUS E SUAS APLICAÇÕES NA FABRICAÇÃO DE AÇÚCAR E ETANOL

MARCIO ROBERTO DE CARVALHO

Orientador: Júlio César de Souza

Coorientador: Claudenir Facincani Franco

**Trabalho apresentado a Faculdade de Tecnologia
de Jaboticabal - Fatec, para obtenção do título de
Tecnólogo em Biocombustíveis.**

**Jaboticabal – SP
2º Semestre/2010**

Carvalho, Marcio Roberto de

C331t A tecnologia PROFIBUS e suas aplicações na fabricação de açúcar e etanol / Marcio Roberto de Carvalho.— Jaboticabal : Fatec, 2010.
85f.

Orientador: Prof. Eng. Júlio César de Souza

Co-orientador: Prof. Claudenir Facincani Franco

Trabalho (Graduação) – Apresentado ao Curso de Tecnologia em Biocombustíveis, Faculdade de Tecnologia de Jaboticabal, 2010.

1. Automação industrial. 2. Comunicação industrial. 3. Tecnologia PROFIBUS. 4. Gerenciamento de ativos. I. Souza, Júlio Cesar. II. Franco, Claudenir Facincani. III. Título.

CDU 65.011.56



Curso de Tecnologia em Biocombustíveis

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: A TECNOLOGIA PROFIBUS E SUAS APLICAÇÕES NA FABRICAÇÃO DE AÇÚCAR E ETANOL

AUTOR: MARCIO ROBERTO DE CARVALHO

ORIENTADOR(A): PROF.º ENG.º JÚLIO CÉSAR DE SOUZA

COORIENTADOR(A): PROF.º CLAUDENIR FACINCANI FRANCO

Trabalho de Graduação aprovado pela Banca Examinadora como parte das exigências para conclusão do Curso Superior de Tecnologia em Biocombustíveis, apresentado à FATEC-JB para a obtenção do título de Tecnólogo.

JÚLIO CÉSAR DE SOUZA

RITA DE CÁSSIA VIEIRA MACRI

DÉREK STESSE

Data da apresentação: 08 de dezembro de 2010.

Júlio César de Souza
Presidente da Comissão Examinadora

AGRADECIMENTOS

À Deus pela vida, saúde, perseverança e fé para enfrentar os obstáculos da vida.

Ao meu orientador, Prof.º Júlio César de Souza, pelos ensinamentos, amizade e colaboração neste trabalho.

À todos os professores da FATEC Jaboticabal, que tanto contribuíram com seus ensinamentos.

À toda minha família, Jaime, Liliana, Adriana, Dudu e, em especial a minha esposa Priscila, e minha mãe Zoraide, por toda força que deram a esse objetivo.

Aos meus filhos Johny e Anny Mayumi, por serem o meu maior incentivo na busca de dias melhores.

Aos meus amigos de todas as horas, Makico, Daniele, Cristiano, Oliveira, Emiko, Antônio, Mariza, Renan, Andréa e Cleiton.

E claro, aos meus amigos da Fatec, Aylan, Bruno, Edissinho, Édson(GG), Teco, Maiara, Chrystian, Murilo(Lau), e tantos outros que fizeram parte da 1ª (e inesquecível) Turma da Fatec de Jaboticabal.

Enfim, à todos que colaboraram direta e indiretamente para esse objetivo.

Dedico este trabalho aos meus pais, Jaime e Zoraide, por tudo que já fizeram por mim,
sempre me ensinando, apoiando, e acreditando na minha capacidade.

E ao meu tio, padrinho e amigo João, *in memoriam*, pelos ensinamentos e alegria deixados.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	VII
LISTA DE TABELAS	IX
LISTA DE SIGLAS	X
RESUMO	XI
<i>ABSTRACT</i>	XII
1. INTRODUÇÃO.....	13
1.1 Objetivos.....	15
1.2 Estrutura da monografia.....	15
2. INTEGRAÇÃO: COMUNICAÇÃO INDUSTRIAL E TECNOLOGIA PROFIBUS	16
2.1 Protocolos para barramentos industriais	20
2.2 Protocolos abertos X Protocolos proprietários	21
2.3 Principais protocolos para barramentos industriais	23
2.3.1 Foundation Fieldbus.....	23
2.3.2 Interbus.....	25
2.3.3 Can	26
2.3.4 Hart.....	26
2.3.5 Profibus	27
2.3.6 Comparativo entre os barramentos industriais	29
3. O PROTOCOLO PROFIBUS	32
3.1 A História.....	32
3.2 Normalização	34
3.3 Comprovado e orientado para o futuro	36
3.4 Características e vantagens	36
3.5 Versões do Profibus	37
3.5.1 Profibus DP	38
3.5.2 Profibus FMS	41
3.5.3 Profibus PA	41
3.6 Arquitetura e topologias de rede do Protocolo Profibus.....	41
3.7 Perfis	43
3.7.1 Perfil de comunicação	43

3.7.2 Perfil físico	44
3.7.3 Perfil de aplicação	45
3.8 Configurando o sistema e seus dispositivos.	45
3.9 Meios de transmissão	48
3.9.1 Transmissão RS485	49
3.9.1.1 Transmissão RS485I.....	49
3.9.2 Transmissão IEC 61158-2.....	50
3.9.3 Transmissão Fibra Ótica	50
3.10 Adequações para instalações da rede.....	50
3.10.1 Utilitários de rede	50
3.10.1.1 Repetidores	51
3.10.1.2 Terminadores	53
3.10.1.3 Couplers e Links	54
3.10.1.4 Shield e Aterramento	58
3.11 Tecnologia de integração, gerenciamento e segurança.....	61
3.11.1 Aplicações Failsafe	61
3.11.2 Arquivos “GSD”	66
3.11.3 Descrição Eletrônica do Dispositivo (EDD)	67
3.11.4 Conceito FDT/DTM.....	68
3.11.5 Gerenciamento de ativos	72
3.11.6 Análise e validação da rede	74
4. ESTUDO DE CASO	77
4.1 Introdução	77
4.2 Escolha do sistema a ser implantado	77
4.3 Proposta de configuração	78
4.4 Resultados obtidos com a implantação da solução	81
4.4.1 Supervisão e controle da planta.....	81
4.4.2 Comissionamento e partida	82
4.4.3 Satisfação do cliente.....	82
5. CONCLUSÃO.....	83
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	84

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Pirâmide da automação.....	17
Figura 02 – Comunicação Industrial x PROFIBUS.....	18
Figura 03 – Comparativo entre modelo OSI e Fieldbus Foundation.....	24
Figura 04 – Modelo de referência OSI.....	29
Figura 05 – Exemplo de aplicações com diferentes protocolos e arquiteturas.....	30
Figura 06 – Avanço de nós instalados.....	36
Figura 07 – Enlace do PROFIBUS na cadeira de protocolos.....	38
Figura 08 – Níveis de evoluções do PROFIBUS DP.....	39
Figura 09 – Arquitetura do protocolo PROFIBUS.....	42
Figura 10 – Topologias de redes Profibus.....	42
Figura 11 – Perfis.....	43
Figura 12 – Estrutura técnica dos perfis dos protocolos.....	44
Figura 13 – Sistema mono-mestre no PROFIBUS DP.....	47
Figura 14 – Sistema multi-mestre no PROFIBUS DP.....	48
Figura 15 – Regra geral de segmentação, repetidores e terminadores.....	52
Figura 16 – Mestre localizado no meio do barramento.....	52
Figura 17 – Terminador de barramento.....	54
Figura 18 – Arquitetura básica com aplicação de Couplers.....	55
Figura 19 – Arquitetura básica com aplicação de Couplers e Links.....	56
Figura 20 – Comparativo entre endereçamento com Couplers e Links.....	57
Figura 21 – Endereçamento transparente com Coupler DP/PA.....	57
Figura 22 – Endereçamento estendido com Link DP/PA.....	58
Figura 23 – Combinação ideal de shield e aterramento.....	59
Figura 24 – Aterramento Capacitivo.....	60
Figura 25 – Comunicação entre dispositivos failsafe via PROFIBUS.....	64
Figura 26 – Arquivos GSDs permitem configuração aberta.....	66
Figura 27 – Conceito FDT/DTM.....	69
Figura 28 – Analogia entre FDT/DTM e aplicativos de escritório.....	70
Figura 29 – Cenário híbrido encontrado nas plantas modernas sem FDT.....	71
Figura 30 – FDT/DTM unificando o acesso aos equipamentos.....	72
Figura 31 – Principais requisitos disponibilizados por um gerenciador de ativos.....	73

Figura 32 – Visualização de sinal PROFIBUS através da utilização da ferramenta osciloscópio.....	75
Figura 33 – Arquitetura do sistema da Alvorada do Bebedouro Açúcar e Etanol.....	79
Figura 34 – Detalhe do painel: relés inteligentes e inversores de frequência.....	80
Figura 35 – Detalhe do painel: controladores, gateways e acopladores.....	80

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Níveis de informação em uma fábrica.....	19
Tabela 02 – IEC 61158 e o modelo OSI.....	28
Tabela 03 – Descritivo da norma IEC 61158.....	35
Tabela 04 – Descritivo da norma IEC 61784.....	35
Tabela 05 – Distâncias limites que devem ser respeitadas no Profibus DP.....	53
Tabela 06 – Características dos acopladores DP/PA.....	55

LISTA DE SIGLAS

AS-I	Interface Sensor Atuador
CCM	Centro de Controle de Motores
CLP	Controlador Lógico Programável
DDL	<i>Device Description Language</i>
DP	<i>Decentrallised Periphery</i>
E/S	Entrada/Saída
EDDL	Linguagem de descrição eletrônica do dispositivo
EMC	Compatibilidade Eletromagnética
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i>
FMS	<i>Fieldbus Message Specification</i>
FSK	<i>Frequency Shift Key</i>
HSE	<i>High Speed Ethernet</i>
I/O	<i>Input/Output</i>
IEC	<i>International Electrotechnical Comission</i>
IHM	Interface Homem Máquina
ISA	<i>International Society for Measurement and Control</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
MES	<i>Manufacture Execution System</i>
OSI	<i>Open Systems Interconnection</i>
PA	<i>Process Automation</i>
PCC	Centros de Competência em PROFIBUS
PLC	<i>Programmable Logic Controller</i>
RPAs	Organizações Regionais
SDS	<i>Smart Distributed System</i>
SIL	Nível de Integridade de Segurança
VHP	<i>Very High Polarization</i>

RESUMO

Este trabalho apresenta o estudo realizado, visando as aplicações, vantagens e os benefícios com a implantação da tecnologia PROFIBUS na fabricação de Açúcar e Etanol. Foi apresentada uma breve introdução com características de outros protocolos industriais, para posterior aprofundamento do protocolo PROFIBUS. Este trabalho visa desmistificar as dúvidas encontradas no segmento quanto à escolha da melhor tecnologia à ser utilizada e seus eventuais retornos.

Neste trabalho foi abordado um estudo de caso, onde realizou-se a migração de uma planta convencional 4-20mA HART, para a tecnologia PROFIBUS, tendo como finalidade, concretizar e definir, de forma clara e objetiva, que a opção escolhida trouxe grandes vantagens econômicas e administrativas para a empresa que adquiriu o sistema.

Palavras-chaves: Comunicação Industrial, Tecnologia PROFIBUS, Sistemas de Controle, Automação Industrial e Gerenciamento de Ativos.

ABSTRACT

This work describes the study research, aiming at the applications, advantages and benefits with the implementation of PROFIBUS technology in the manufacture of the Sugar and Ethanol. Was presented to give a brief introduction of other features to further industrial protocols in choosing the PROFIBUS protocol. This paper aims to demystify the questions found in the segment on the choice of the best technology to be used and any returns.

In this work was dealt a case study, which took place a migration plan conventional 4-20mA HART, for the PROFIBUS technology, with the purpose, deliver and define clearly and objectively, that the choice has greatly economic and administrative conditions for the company that purchased the system.

Key-words: *Industrial Communication, PROFIBUS Technology, Control Systems, Industrial Automation and Asset Management.*

1. INTRODUÇÃO

O mercado sucroalcooleiro brasileiro vem despertando a atenção em nível mundial. O baixo custo de produtividade, as condições climáticas favoráveis e a geografia permitem ao país explorar várias culturas, entre elas e em larga escala, a cana-de-açúcar vem posicionando o país como favorito na liderança neste mercado. Além disso, o Brasil possui as mais avançadas tecnologias para a produção de açúcar e álcool.

A automação industrial consiste em manipular vários processos na indústria por meios eletromecânicos e automáticos, substituindo o trabalho humano por equipamentos. Esta crescente evolução nesta respectiva área trouxe crescimentos de equipamentos automáticos com abundantes recursos.

Existe um consenso cada vez maior entre fornecedores e usuários de equipamentos e sistemas industriais sobre a necessidade da busca contínua de produtos com arquiteturas próprias, independentes de fabricantes, que tenham alto desempenho, comprovados mecanismos de segurança e que sejam tecnologicamente modernos e robustos. Estes produtos precisam: atender às novas exigências de controle, distribuição e armazenamento de informações; ter maior interoperabilidade entre plataformas de diferentes fabricantes, apresentarem maior flexibilidade em manutenção e futuras atualizações.

A integração entre diversos níveis de equipamentos tem se tornado essencial para alcançar o aumento de eficiência, flexibilidade e confiabilidade dos sistemas produtivos.

Tais tecnologias começaram de modo bastante simples, do tipo em que a comunicação utilizava o padrão serial ou paralelo, mais ao passar do tempo foram desenvolvidos sistemas mais complexos, com tecnologias próprias, protocolos, software e hardware apropriados para suas necessidades. Como já foi dito, devido às complexidades dos dispositivos, foram desenvolvidos protocolos para cada aplicação dependendo da rede utilizada e para cada caso de transmissão, pois os diversos tipos de redes se diferem devido às condições físicas e mecânicas.

Atualmente, devido a seu grande avanço tecnológico, as redes de automação são largamente utilizadas, apresentando vantagens em relação a sistemas convencionais de cabeamento: diminuição da fiação, facilidade na manutenção, flexibilidade na configuração da rede e, principalmente, diagnóstico dos dispositivos. Além disso, por usarem protocolos de comunicação digitais padronizados, essas redes possibilitam a integração de equipamentos de vários fabricantes distintos. Tais sistemas dizem-se abertos, e são uma tendência em todas as áreas da tecnologia devido a sua flexibilidade e capacidade de expansão.

Em virtude dos grandes avanços tecnológicos e constantes modificações no mercado, qualidade e eficiência são características indispensáveis para as Usinas e Destilarias que pretendem manter a sua posição no mercado. Adequações às exigências do cliente, monitorações adequadas dos seus processos produtivos, aumento gradativo de qualidade e redução dos custos são premissas básicas para que todos se mantenham competitivos, uma vez que o processo de globalização tem criado um mercado único mundial. Dentro deste conceito de se destacar entre os mais fracos, a escolha do uso da Tecnologia PROFIBUS tem surgido para suprir estas necessidades.

1.1 Objetivos

O objetivo desse trabalho é apresentar as aplicações da tecnologia PROFIBUS no setor sucroalcooleiro, assim como seus benefícios, visando a qualidade, customização e otimização de processos.

1.2 Estrutura da monografia

Esta monografia está dividida em quatro capítulos, sendo que no primeiro capítulo apresenta-se a introdução e a estrutura da monografia.

No segundo capítulo é apresentado o enlace da Tecnologia PROFIBUS no conceito da Comunicação Industrial, referenciando os principais Barramentos Industriais e suas respectivas composições.

No terceiro capítulo é apresentado um estudo aprofundado sobre a Tecnologia PROFIBUS, apresentando desde sua história até sua fase final de implantação.

No quarto capítulo é apresentado um estudo de caso com um comparativo entre a situação anterior e a situação atual após a aplicabilidade da tecnologia PROFIBUS, identificando seus benefícios.

Na sequencia apresentam-se as Conclusões e por último as Referências Bibliográficas utilizadas na elaboração do trabalho.

2. INTEGRAÇÃO: COMUNICAÇÃO INDUSTRIAL E TECNOLOGIA PROFIBUS

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 atual. A comunicação vem se expandindo rapidamente no sentido horizontal nos níveis inferiores (*field level*), assim como no sentido vertical integrando todos os níveis hierárquicos.

Na FIG.01 é apresentada a pirâmide de automação e seus respectivos níveis de informação dentro da indústria.

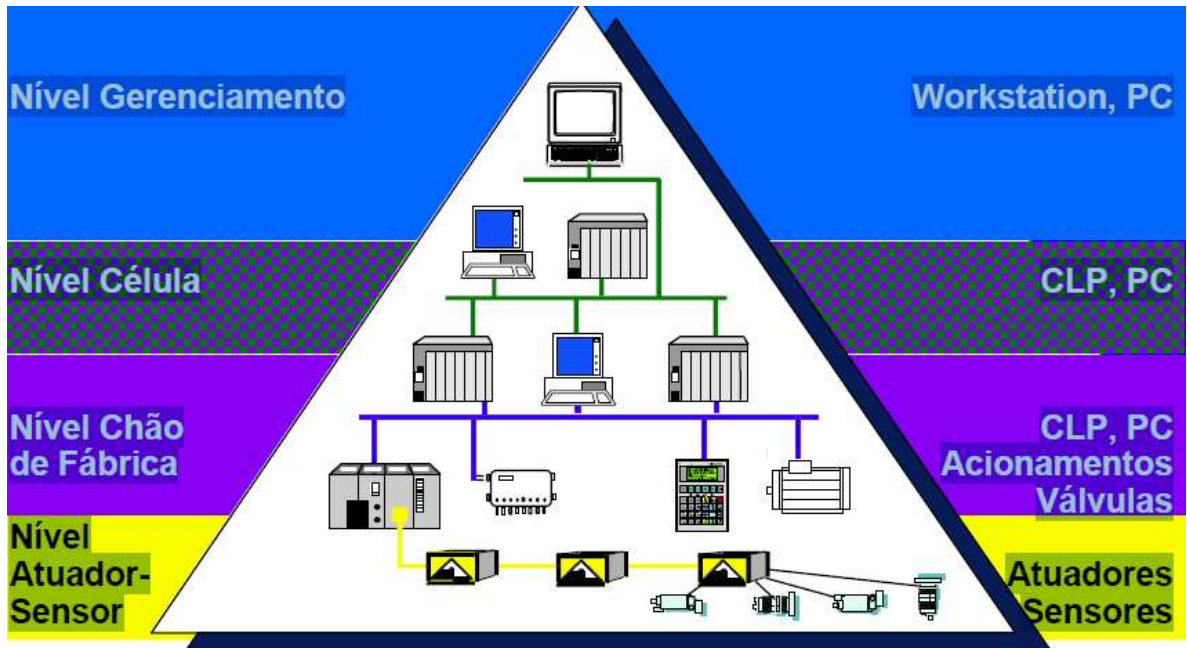


FIGURA 01 - Pirâmide da automação.

FONTE: SENAI (2009)

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.

A FIG.02 representa o enlace da tecnologia PROFIBUS no nível de hierarquia da indústria.

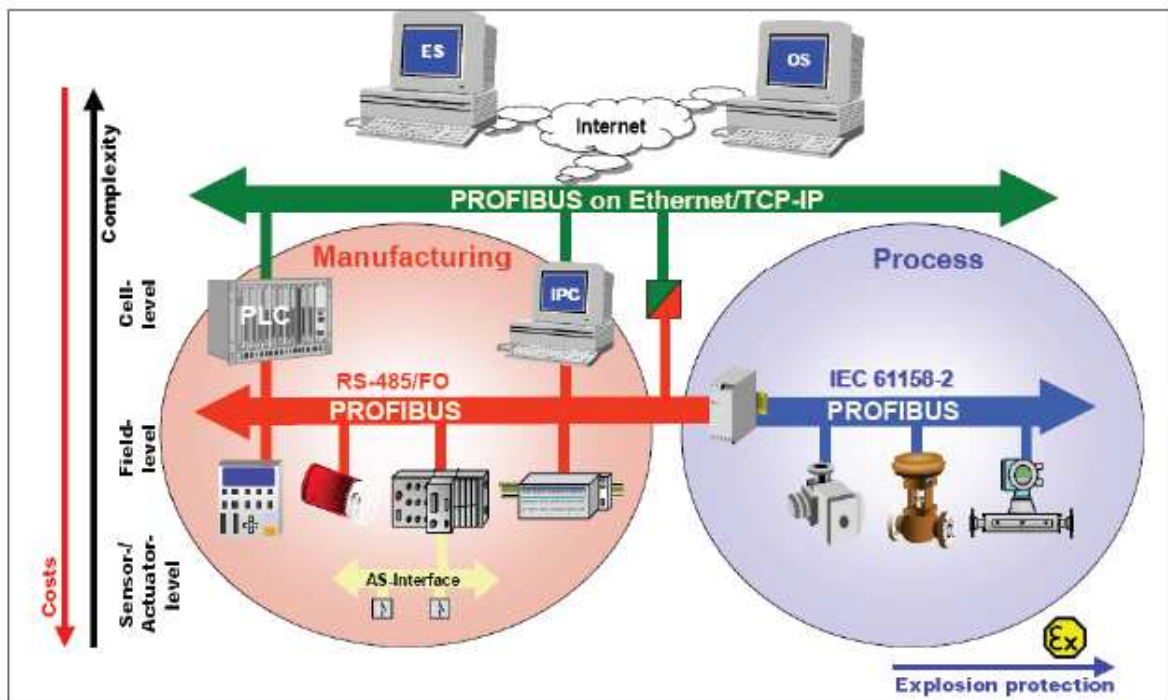


FIGURA 02 - Comunicação Industrial x PROFIBUS

FONTE: Associação PROFIBUS (2006)

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 (Associação PROFIBUS).

No nível de campo, a periferia distribuída, tais como módulos de E/S (Entrada/Saída), 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 CLPs (Controladores Lógicos Programáveis) e Computadores, 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 PROFINet pode suprir.

TABELA 01 - Níveis de informação em uma fábrica

	Volume	Tempo de Reação	Freq. de Transmissão
Gerenciamento	MByte	minutos a horas	dia / turno / hora
Célula	KByte	100 ms - 1 s	segundos a minutos
Chão de Fábrica	Byte	10 ms - 100 ms	segundos a milisegundos
Atuador-Sensor	Bit	milisegundos	milisegundos

FONTE: SENAI (2009)

A revolução da comunicação industrial na tecnologia da automação está revelando um enorme potencial nas otimizações de sistemas de processos e tem feito uma importante contribuição na direção da melhoria no uso de recursos. As informações a seguir fornecerão uma explicação detalhada do PROFIBUS como um elo central no fluxo de informações na automação.

2.1 Protocolos para barramentos industriais

A crescente tendência na área de automação industrial do uso de arquiteturas computacionais distribuídas, nas quais diferentes dispositivos podem comunicar-se com outros e de uma maneira cooperativa realizar tarefas que levem ao atendimento dos requisitos impostos.

Os barramentos industriais surgiram com a difusão da tecnologia digital para substituir os sistemas tradicionais de controle de processos baseados no padrão analógico, amplamente empregado em plantas industriais até os dias atuais. Com a proliferação de várias soluções, em geral proprietárias e incompatíveis entre si, apareceu a necessidade de uma padronização.

Segundo Helb (1999, p.365) protocolo de comunicação é um conjunto de regras e convenções que permitem a conversação e troca de informação entre sistemas. Isto significa que, conhecendo-se exatamente as regras e convenções definidas num dado protocolo, a princípio pode-se construir um dispositivo capaz de trocar informações usando aquele protocolo.

Pode-se dividir os protocolos de campo basicamente em três níveis ou três categorias:

- ✓ Nível Baixo: conecta equipamentos simples e pequenos diretamente à rede. Os equipamentos deste tipo de rede necessitam de comunicação rápida em níveis discretos e são tipicamente sensores e atuadores de baixo custo. Estas redes não almejam cobrir grandes distâncias, sendo sua principal preocupação manter os custos de conexão tão baixos quanto for possível. Exemplos típicos de rede sensorbus incluem Seriplex, ASI e INTERBUS Loop.
- ✓ Nível Médio: Pode cobrir distâncias de até 500 m. Os equipamentos conectados a esta rede terão mais pontos discretos, alguns dados analógicos ou uma mistura de ambos. Além disso,

algumas destas redes permitem a transferência de seis blocos em uma menor prioridade comparados aos dados no formato de bytes. Esta rede tem os mesmos requisitos de transferência rápida de dados da rede de sensorbus, mas consegue gerenciar mais equipamentos e dados. Alguns exemplos de redes deste tipo são DeviceNet, Smart Distributed System (SDS), PROFIBUS DP, LONWorks e INTERBUS-S.

- ✓ Nível Alto: dados no formato de pacotes de mensagens, a rede se interliga aos equipamentos de I/O mais inteligentes e pode cobrir distâncias maiores. Os equipamentos acoplados à rede possuem inteligência para desempenhar funções específicas de controle tais como loops PID, controle de fluxo de informações e processos. Os tempos de transferência podem ser longos, mas a rede deve ser capaz de comunicar-se por vários tipos de dados (discreto, analógico, parâmetros, programas e informações do usuário). Exemplos: include IEC/ISA SP50, Fieldbus Foundation, PROFIBUS PA e HART.

Neste capítulo serão apresentados os principais protocolos para barramentos industriais, ressaltando-se suas principais características. Sendo assim, através desta exibição de requisitos consegue-se determinar o protocolo mais adequado para determinada aplicação.

2.2 Protocolos abertos X Protocolos proprietários

Pode-se diferenciar entre dois tipos de protocolos: protocolos proprietários e protocolos abertos. Os primeiros são protocolos definidos por uma empresa e que não são disponibilizados aos usuários e outros fabricantes de dispositivos. Neste caso, somente dispositivos da empresa em questão são capazes de comunicar uns com os outros. Os protocolos abertos, pelo contrário, são aqueles cujas regras e

convenções são amplamente divulgados, geralmente na forma de uma norma técnica internacional, nacional ou regional.

Neste caso, diversos fabricantes podem, a princípio, desenvolver sistemas computacionais que permitam o interfaceamento de seus dispositivos com outros que entendam o mesmo protocolo. Uma das principais vantagens da adoção de protocolos abertos é a independência de fabricantes, ou seja, quanto mais empresas tiverem produtos disponíveis em um protocolo, menos dependente fica a automação de uma empresa específica. Tal aspecto tende a levar a uma redução dos custos dos dispositivos em função da concorrência que naturalmente surge no mercado.

Especificamente no que tange o uso de protocolos industriais, pode-se dizer que ainda existe uma forte presença de protocolos proprietários usando interfaces seriais e paralelas padronizadas.

Historicamente, tem-se que os primeiros sistemas de automação tendiam a utilizar somente protocolos proprietários, uma vez que empresas de automação vendiam soluções completas, muitas vezes com dispositivos de somente um fabricante. Atualmente, existe uma forte tendência à adoção de protocolos abertos.

Como já foi apresentado anteriormente, vários protocolos de comunicação foram desenvolvidos por diferentes fabricantes, tornando assim incapazes de comunicar-se com equipamentos de outros fabricantes sem um devido tratamento, pois todos os fabricantes queriam desenvolver seus próprios protocolos, e que os mesmos fossem adotados por todos (padronizados).

A partir de agora começaremos a nos aprofundar com maior detalhamento nos protocolos mais utilizados na indústria, veremos alguns protocolos, suas principais características como: nível de aplicação, meio físico de transmissão, distâncias alcançadas, velocidades atingidas, entre outros.

2.3 Principais protocolos para barramentos industriais

Apesar dos diversos esforços para a criação de um padrão mundial de barramento industrial, existem diversos padrões com algumas características semelhantes. Dentro desse contexto, pode-se destacar como sendo os barramentos industriais mais utilizados: Foundation Fieldbus, Interbus, CAN, Hart e PROFIBUS.

Os padrões apresentados serão analisados destacando suas principais características.

2.3.1 Foundation Fieldbus

O Foundation Fieldbus (GLANZER, 1998) é um sistema de comunicação digital, serial e bidirecional que interconecta equipamentos de medição e controle, tais como controladores, sensores e atuadores.

Ao contrário dos protocolos de rede proprietários, o Fieldbus não pertence à nenhuma empresa, ou é regulado por um único organismo ou nação. A tecnologia é controlada pela Fieldbus Foundation uma organização não lucrativa que consiste em mais de 100 dos principais fornecedores e usuários de controle e instrumentação do mundo.

Formado pela união dos principais fabricantes e fornecedores de instrumentação em âmbito mundial que possuíam problemas em comum com a falta de padronização tanto para o nicho de equipamentos quanto para o de softwares (KRUG, 2000).

O Foundation Fieldbus mantém muitas das características operacionais do sistema analógico 4-20 mA, tais como uma interface física padronizada da fiação, os dispositivos alimentados por um único par de fios e as opções de segurança intrínseca, mas oferece uma série de benefícios adicionais aos usuários.

A tecnologia Foundation Fieldbus consiste dos níveis físicos, comunicação stack e aplicação de usuário, para isto utiliza-se os níveis 1, 2 e 7 do RM-OSI. A correspondência entre ambos os níveis de modelos pode ser observada na FIG.03.

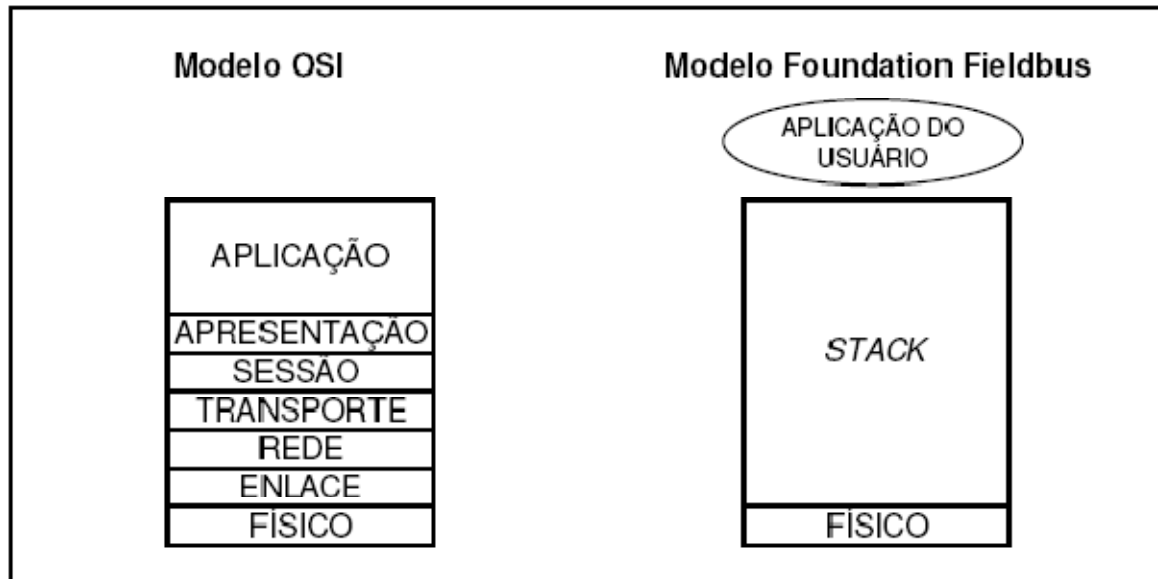


FIGURA 03 - Comparativo entre os modelos OSI e Foundation Fieldbus.
FONTE: Tristão (2004).

O nível físico utiliza a camada 1, sendo definida pelos padrões *International Electrotechnical Commission* (IEC) 61158 e *International Society for Measurement and Control* (ISA). A Camada física recebe mensagens da pilha de comunicação e as converte em sinais físicos para transmissão e vice-versa. Esta tarefa de conversão inclui adicionar e remover preâmbulos, marcas de início e de fim de quadros (TANENBAUM, 1989). O preâmbulo é usado pelo receptor para sincronizar seu *clock* interno com os sinais que estão chegando. Os sinais são codificados através do uso do código Manchester. O sinal é chamado de serial síncrono, uma vez que a informação do *clock* encontra-se embutida na cadeia de dados seriais. Sendo assim os dados são combinados com o sinal do *clock* para a criação do sinal a ser transmitido. Possibilita alimentação e sinal de comunicação no mesmo par de fios e possui três diferentes taxas de comunicação: 31,25 Kbps, 1

Mbps e 2,5 Mbps. A comunicação stack utiliza o nível 2 do modelo OSI, o qual controla a transmissão das mensagens.

2.3.2 Interbus

O protocolo Interbus, desenvolvido pela Phoenix Contact em 1984, foi apresentado ao mundo na feira de Hanover de 1987, sendo continuamente aprimorado com novos recursos, sem perder os princípios aos quais foi idealizado: facilidade de engenharia e manutenção. Com mais de 10 milhões de nós instalados e cerca de 600 fabricantes de componentes, facilmente integrados a rede de comunicação. Atualmente o Interbus tem conquistado espaço de destaque também em pequenos projetos e fora da indústria automobilística, onde possui uma plataforma já consolidada, pois os diversos recursos inerentes no protocolo o tornam uma ótima opção para projetos distribuídos, caracterizando-se como uma rede serial de campo para transmissão de dados entre sistemas de controles e unidades de E/S espacialmente distribuídas.

Principais componentes de uma rede Interbus:

- ✓ Barramentos remotos, conectam o mestre a dispositivos remotos do sistema.
- ✓ Loops, sensores e atuadores são ligados através de loops Interbus, pois o cabo que os conecta além de conduzir informação atua como fio de alimentação dos dispositivos.
- ✓ Mestre, exerce a função de monitoramento da transmissão de dados, dentre outros.

2.3.3 Can

O protocolo CAN (*Controller Area Network*), que foi desenvolvido pela BOSCH na década de 1980 e tornou-se um padrão internacional ISO11898 em 1994, foi especialmente desenvolvido para rápida troca de dados entre controladores eletrônicos em veículos motorizados.

O protocolo CAN, também pode ser usado em implementações de redes de dispositivos microprocessados industriais, por exemplo, como um barramento interno de máquinas ferramentas, como interconexão de sistemas de medição distribuídos, funções de controle e monitoração no nível inferior ao superior ou como um barramento de campo para interligar sensores, atuadores e interfaces homem máquinas.

Usado posteriormente em Automação Industrial e padronizado pela norma ISO 11898 em 1994.

Destaca-se pela sua alta confiabilidade e por detectar e tratar colisões no acesso ao meio de transmissão.

Suas principais características são:

- ✓ Não aceita uso de repetidores;
- ✓ O comprimento máximo do barramento é de 1000 metros;
- ✓ Admite no máximo 110 nós por segmento;
- ✓ Como meio físico apresenta cabo coaxial e fibra ótica.

2.3.4 Hart

O protocolo HART (*Highway Addressable Remote Transducer*) é um protocolo utilizado para comunicação entre sistemas de tempo real, principalmente em aplicações de automação industrial (Smar, Automação Industrial – O livro HART / 4-20mA, 2005).

Ele permite a sobreposição do sinal de comunicação digital aos sinais analógicos de 4-20mA, sem interferência, na mesma fiação. O HART proporciona alguns dos benefícios apontados pelo Fieldbus, mantendo ainda a compatibilidade com a instrumentação analógica e aproveitando o conhecimento já dominado sobre os sistemas 4-20mA existentes. Para transmitir o sinal digital juntamente com o analógico, utiliza-se a técnica de FSK (*Frequency Shift Key*) no qual um sinal senoidal de corrente pico-a-pico de 1mA na frequência de 1200KHz significa "1" e 2400KHz significa "0".

Há algumas limitações na utilização desse padrão de comunicação. Por exemplo, pode-se ter uma configuração mestre-escravo utilizando sinal analógico e digital no mesmo par de fios. Essa configuração só é possível para um escravo no par de fios. Para a utilização de mais de um dispositivo, o sinal analógico é desprezado. A corrente que era usada na comunicação analógica fica definida em 4mA todo o tempo (apenas para a alimentação dos dispositivos), e os sinais de controle são transmitidos nas frequências conhecidas 1200KHz-2400KHz. Pode-se configurar até 15 dispositivos nesse modo.

O protocolo de comunicação Hart estende o padrão 4-20mA ao permitir também a medição de processos de forma mais inteligente que a instrumentação de controle analógica, proporcionando um salto na evolução do controle de processos. Ele promove uma significativa inovação na instrumentação de processos.

2.3.5 Profibus

O PROFIBUS é um padrão aberto de rede de comunicação industrial, utilizado em uma ampla faixa e aplicações em automação de manufatura, processo e predial. Com o PROFIBUS, dispositivos de diferentes fabricantes podem comunicar-se sem a necessidade de

quaisquer adaptações nas interfaces (ASSOCIAÇÃO PROFIBUS BRASIL, 2000).

A arquitetura utilizada pelo PROFIBUS é orientada para o padrão OSI, sendo que neste modelo qualquer nível de transmissão manipula precisamente tarefas definidas. O nível 1 (camada física) define as características físicas de transmissão, o nível 2 (camada de enlace) define os acessos ao barramento e o nível 7 (camada de aplicação) define as funções de aplicação.

O objetivo do PROFIBUS é atender todas as necessidades de automação industrial, com o melhor desempenho possível, provendo: alta velocidade para a transferência de informações e previsão de entrega de mensagens (primordial para redes de controle e segurança), caracterizando-se principalmente pelas instalações e baixo custo. Isto se deve à grande simplicidade do dispositivo escravo e ao uso de RS-485 como opção de meio físico na maioria das aplicações (KRUG, 2000).

TABELA 02 - IEC 61158 e o modelo OSI.

Documento IEC 61158	Conteúdos	Camada OSI
IEC 61158-1	Introdução	
IEC 61158-2	Especificação da camada física e definição de serviço.	1
IEC 61158-3	Definição do link de dados.	2
IEC 61158-4	Especificação do protocolo do link de dados.	2
IEC 61158-5	Definição de serviço da camada de aplicação..	7
IEC 61158-6	Especificação de protocolo da camada de aplicação.	7

FONTE: Associação PROFIBUS (2006)

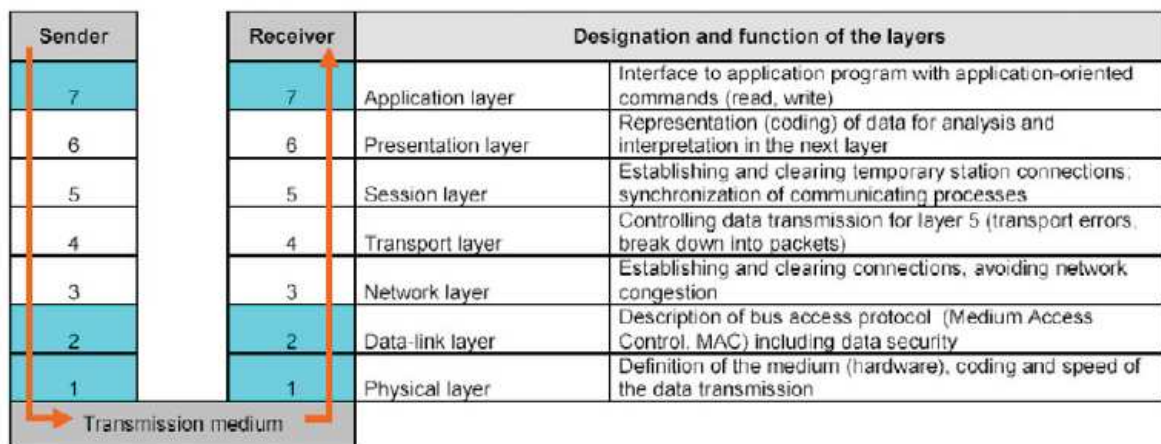


FIGURA 04 - Modelo de referência OSI

FONTE: Associação PROFIBUS (2006)

2.3.6 Comparativo entre os barramentos industriais

Com o alto índice de concorrência entre os fabricantes de soluções e o vasto campo de barramentos industriais em plena disponibilidade das indústrias, existe um mais adequado para determinada aplicação. Por esta razão, faz-se necessário saber as diferenças e compreender as características de cada tecnologia, de maneira que se selecione os melhores aspectos para a aplicação à ser desenvolvida.

É válido ressaltar que cada topologia de rede possui suas vantagens e limitações, porém a escolha da topologia mais adequada depende de vários fatores, tais como: estrutura física, tipo de acesso ao meio, esquema de tolerância à falhas, formas de endereçamento, performance, flexibilidade e custos.

A topologia em barramento é de fácil expansão, porém de baixa confiabilidade, ou seja, quaisquer problemas no barramento impossibilita a comunicação em toda a rede. Na topologia em anel, o barramento forma um grande anel, tendo sua confiabilidade acrescida. Já na topologia em árvore, o barramento ganha ramificações, herdando

suas capacidades e limitações (Cassiolo, 2006). O subtítulo 3.6 deste trabalho, traz na FIG.10 uma melhor visualização das topologias.

Todos os protocolos analisados nesse estudo, apresentam características semelhantes e oferecem na maioria das vezes as mesmas vantagens:

- ✓ Redução em custos de fiação, instalação, operação e manutenção nas plantas;
- ✓ Informação imediata sobre diagnósticos de falhas nos equipamentos de campo;
- ✓ Aumento da robustez do sistema, visto que dados digitais são mais confiáveis que analógicos;
- ✓ Distribuição das funções de controle nos equipamentos de campo, instrumentos de medição e elementos de controle final.

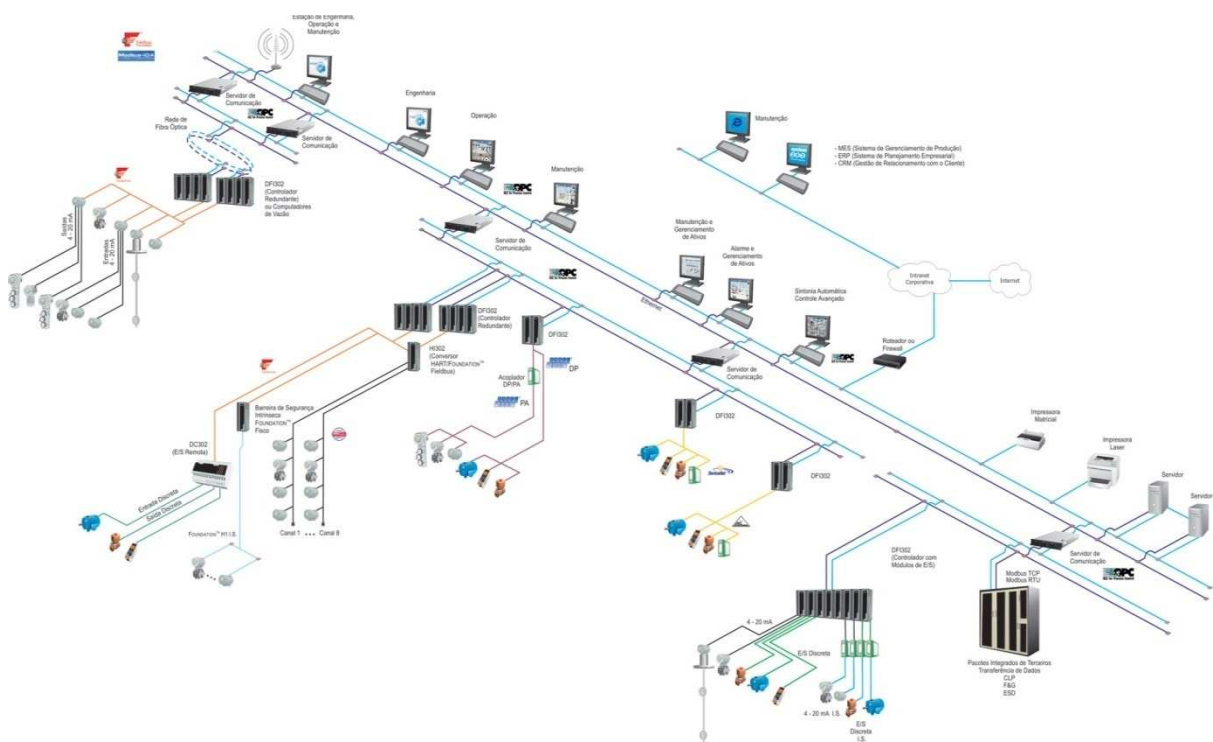


FIGURA 05 - Exemplo de aplicações com diferentes protocolos e arquiteturas.

FONTE: Smar (2008).

Para o presente estudo optou-se o protocolo PROFIBUS por apresentar características anteriormente discutidas. Também os aspectos comerciais dizem respeito ao interesse do trabalho do ponto de vista de

aplicações sucroalcooleiras dentro da realidade atual. Dentro dos protocolos abordados, o PROFIBUS é o que possui a maior base instalada.

3. O PROTOCOLO PROFIBUS

Neste capítulo será abordado profundamente o protocolo PROFIBUS, e todo o conceito necessário para a implantação da tecnologia.

3.1 A História

A história do PROFIBUS começa na aventura de um projeto da associação apoiado por autoridades públicas, que iniciou em 1987 na Alemanha. Dentro do contexto desta aventura, 21 companhias e institutos uniram forças e criaram um projeto estratégico em fieldbus. O objetivo era a realização e estabilização de um barramento de campo bit serial, sendo o requisito básico a padronização da interface de dispositivo de campo. Por esta razão, os membros relevantes das companhias do ZVEI (Associação Central da Indústria Elétrica) concordaram em apoiar um conceito técnico mútuo para manufatura e automação de processos.

Um primeiro passo foi a especificação do protocolo de comunicações complexas PROFIBUS FMS (definição da sigla em inglês, traduzindo Especificação de Mensagens Fieldbus), que foi preparado para exigência de tarefas de comunicação.

Um passo mais adiante em 1993 foi a conclusão da especificação para uma variante mais simples e com comunicação mais rápida, o PROFIBUS DP (Periferia Descentralizada). Este protocolo está disponível agora em três versões funcionais, o DPV0, DPV1 e DPV2.

Baseado nestes dois protocolos de comunicação, acoplado com o desenvolvimento de numerosos perfis de aplicações orientadas e um número de dispositivos de crescimento rápido, o PROFIBUS começou seu avanço inicialmente na automação de manufatura e desde 1995 na automação de processos com a introdução do PROFIBUS PA. Atualmente, o PROFIBUS é o barramento de campo líder no mercado mundial.

O PROFIBUS é um padrão de rede de campo aberto e independente de fornecedores, onde a interface entre eles permite uma ampla aplicação em processos, manufatura e automação predial. Esse padrão é garantido segundo as normas EN 50170 e EN 50254. Desde janeiro de 2000, o PROFIBUS foi firmemente estabelecido com a IEC 61158, ao lado de mais sete outros fieldbuses. A IEC 61158 está dividida em seis partes, nomeadas 61158-1 a 61158-6, nas quais estão as especificações segundo o modelo OSI. Nessa versão houve a expansão que incluiu o DPV2. Mundialmente, os usuários podem agora se referenciar a um padrão internacional de protocolo aberto, cujo desenvolvimento procurou e procura a redução de custos, flexibilidade, confiabilidade, segurança, orientação ao futuro, atendimento as mais diversas aplicações, interoperabilidade e múltiplos fornecedores.

Atualmente, estima-se um número próximo de 30 milhões de nós instalados com a tecnologia PROFIBUS e mais de 1000 plantas com tecnologia PROFIBUS PA. São 24 organizações regionais (RPAs) e 35 Centros de Competência em PROFIBUS (PCCs), localizados estrategicamente em diversos países, de modo a oferecer suporte aos seus usuários, inclusive no Brasil, junto a Escola de Engenharia de São Carlos-USP, onde existe o único PCC da América Latina.

Segundo a Associação Profibus, há:

- ✓ Mais de 1300 associados ao redor do mundo;
- ✓ Próximo de 30 milhões de nós instalados com sucesso;

✓ Mais de 2800 produtos e mais de 2000 fornecedores, atendendo às mais diversas necessidades de aplicações.

Em termos de desenvolvimento, ressalta-se que a tecnologia é estável, porém não é estática. As empresas-membro do PROFIBUS International estão sempre reunidas nos chamados Work Groups atentas às novas demandas de mercado e garantindo novos benefícios com o advento de novas características.

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 melhor preparado para o futuro. A Organização de Usuários PROFIBUS está atualmente trabalhando nas implementações de novos conceitos universais.

3.2 Normalização

PROFIBUS foi definida em 1991/1993 na norma DIN 19245, movida em 1996 para EN 50170, e desde 1999 inclusas nas normas IEC 61158/IEC 61784.

Destaca-se a seguir as recentes normas que o contemplam:

- ✓ “IEC 61158 - *Digital Data Communication for Measurement and Control - Fieldbus for use in Industrial Control Systems.*” (1999 - 2002)

TABELA 03 - Descritivo da norma IEC 61158

Volume	Título	Conteúdo
IEC 61158-1	Introdução	Relatórios técnicos
IEC 61158-2	PhL: Camada Física	Oito tipos
IEC 61158-3	DLL: Serviços da Camada de Enlace	Oito tipos
IEC 61158-4	DLL: Protocolos da Camada de Enlace	Oito tipos
IEC 61158-5	AL: Serviços da Camada de Aplicação	Dez tipos
IEC 61158-6	AL: Protocolos da Camada de Aplicação	Dez tipos
IEC 61158-7	Gerência de Rede	Necessita revisão
IEC 61158-8	Teste de Conformidade	Trabalho cancelado

FONTE: Oliveira (2009)

- ✓ “IEC 61784 - *Digital data communications for measurement and control - Part 1: Profile sets for continuous and discrete manufacturing relative to fieldbus use in industrial control systems.*” (2003)

TABELA 04 - Descritivo da norma IEC 61784

Profile IEC 61784	Protocolo da IEC 61158			Nome Usual
	Phy	DLL	AL	
CPF-1/1	Tipo 1	Tipo 1	Tipo 9	Foundation Fieldbus (H1)
CPF-1/2	Ethernet	TCP/UDP/IP	Tipo 5	Foundation Fieldbus (HSE)
CPF-1/3	Tipo 1	Tipo 1	Tipo 9	Foundation Fieldbus (H2)
CPF-2/1	Tipo 2	Tipo 2	Tipo 2	ControlNet
CPF-2/2	Ethernet	TCP/UDP/IP	Tipo 2	Ethernet/IP
CPF-3/1	Tipo 3	Tipo 3	Tipo 3	PROFIBUS DP
CPF-3/2	Tipo 1	Tipo 3	Tipo 3	PROFIBUS-PA
CPF-3/3	Ethernet	TCP/UDP/IP	Tipo 10	PROFINet
CPF-4/1	Tipo 4	Tipo 4	Tipo 4	P-Net RS-485
CPF-4/2	Tipo 4	Tipo 4	Tipo 4	P-Net RS-232
CPF-5/1	Tipo 1	Tipo 7	Tipo 7	WorldFIP (MPS/MCS)
CPF-5/2	Tipo 1	Tipo 7	Tipo 7	WorldFIP (MPS/MCS/SubMMS)
CPF-5/3	Tipo 1	Tipo 7	Tipo 7	WorldFIP (MPS)
CPF-6/1	Tipo 8	Tipo 8	Tipo 8	INTERBUS
CPF-6/2	Tipo 8	Tipo 8	Tipo 8	INTERBUS TCP/IP
CPF-6/3	Tipo 8	Tipo 8	Tipo 8	INTERBUS Subset
CPF-7/1	Tipo 6	Tipo 5	-	Swiftnet transport
CPF-7/2	Tipo 6	Tipo 5	Tipo 6	Swiftnet full stack

FONTE: Oliveira (2009)

3.3 Comprovado e orientado para o futuro

Por estar entre os pioneiros com sua tecnologia definida em normas internacionais, o PROFIBUS se tornou líder mundial entre as redes de campo. Isso faz-se verdadeiro, após a coleta de dados estatísticos provenientes dos associados ao protocolo.

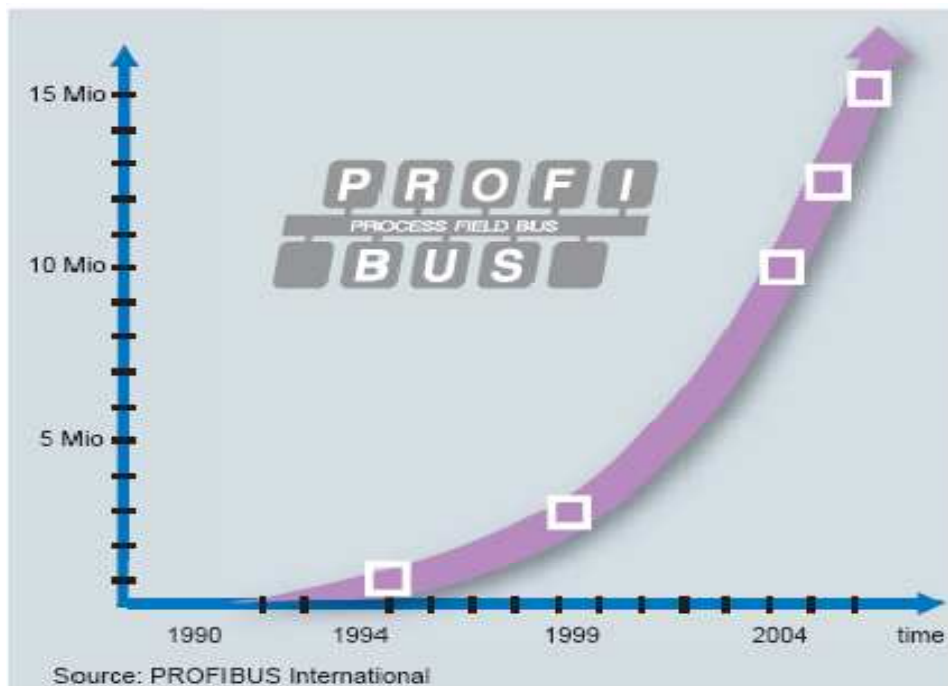


FIGURA 06 - Avanço de nós instalados

FONTE: Siemens (2005)

3.4 Características e vantagens

Conforme a Associação Profibus (2006), as principais características e vantagens são:

- ✓ Redução do custo de fiação, instalação e projeto em até 40%;
- ✓ Redução de Módulos de I/O, cabeamento e bandejamento;
- ✓ Diminuição no prazo de instalação/montagem e start-up;
- ✓ Aumenta a flexibilidade da planta;
- ✓ Facilita a manutenção;

- ✓ Diagnóstico dos elementos de campo;
- ✓ Integração de diferentes fabricantes;
- ✓ Distribuição de inteligência;
- ✓ Armários menores pela eliminação de borneiras;
- ✓ Maior portfólio de produtos;
- ✓ Documentação e sala de controle mais simples;
- ✓ Configuração centralizada;
- ✓ Redução das fontes de erro;
- ✓ Tempos de paradas mais curtos;
- ✓ A grande variedade de produtos alavanca;
- ✓ Alta qualidade de equipamentos;
- ✓ Ferramentas poderosas de configuração e manutenção;
- ✓ Parametrização e Diagnóstico remotos (on-line);
- ✓ Suporte global;
- ✓ Grande quantidade de informação e comunicação bidirecional;
- ✓ Aumento do ciclo de vida da planta;
- ✓ Interoperabilidade e intercambiabilidade entre fabricantes;
- ✓ Ligação direta de equipamentos à rede sem interferência alguma (mesmo em áreas seguras intrinsecamente);
- ✓ Aplicável a todo o escopo da planta (tanto manufaturas como processos);
- ✓ Preços competitivos (maior concorrência e menor custo dos equipamentos).

3.5 Versões do Profibus

Segundo a Associação Profibus (2006) o PROFIBUS, em sua arquitetura, está dividido em três variantes principais:

- ✓ PROFIBUS DP
- ✓ PROFIBUS FMS
- ✓ PROFIBUS PA

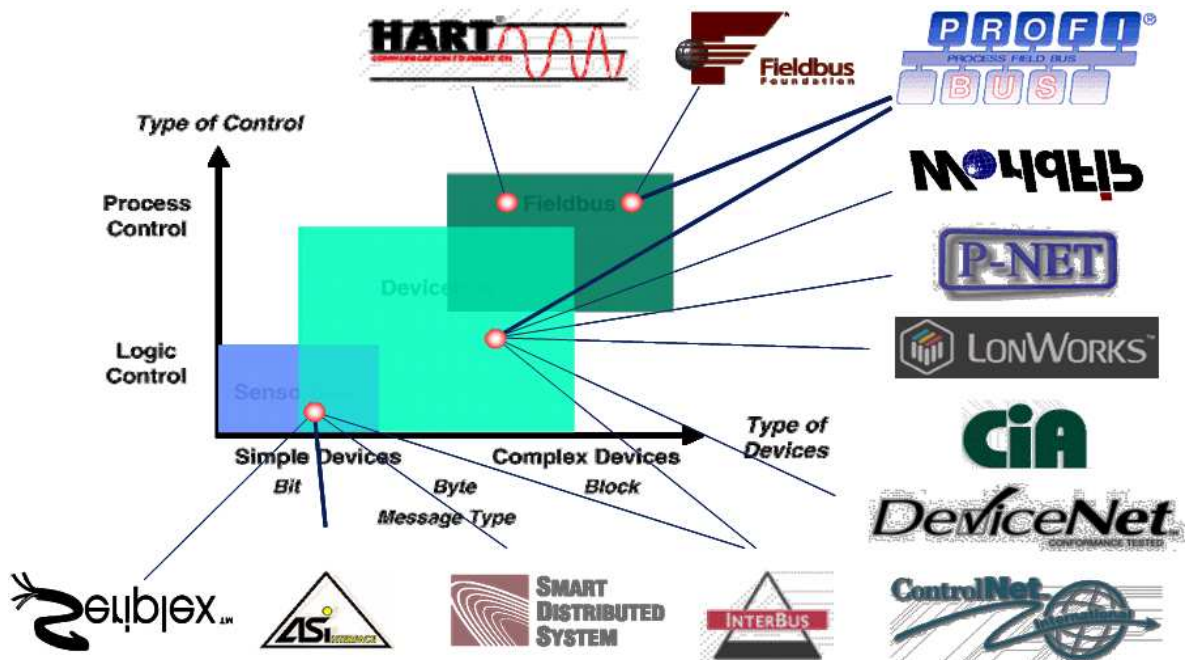


FIGURA 07 - Enlace do PROFIBUS na cadeia de protocolos

FONTE: Associação PROFIBUS (2006)

3.5.1 Profibus DP

PROFIBUS DP (*Decentrallised Periphery*): esse protocolo foi a primeira versão criada, sendo o perfil mais utilizado. Indicada para o chão de fábrica, onde há um volume de informações grande e há a necessidade de uma alta velocidade de comunicação para que os eventos sejam tratados num tempo adequado.

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 em 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.

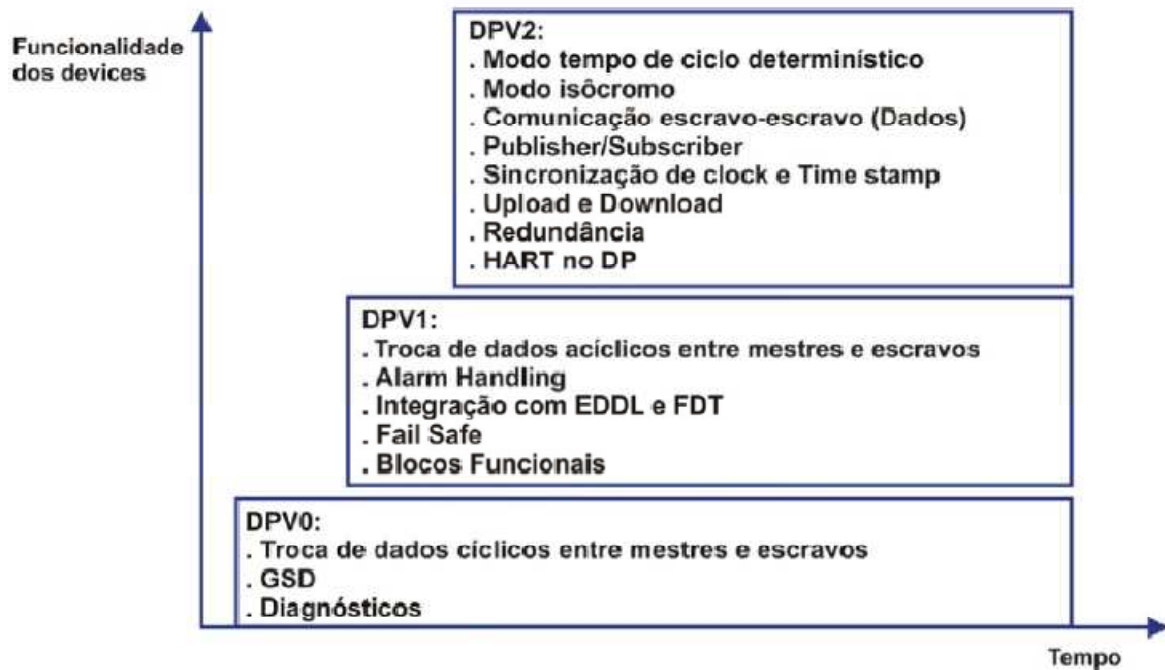


FIGURA 08 - Níveis de evoluções do PROFIBUS DP.

FONTE: Associação PROFIBUS (2006)

DPV0 é o nível mais simples.

Segundo (Siemens), como exemplo, pode-se citar uma aplicação com um PLC (mestre) de um fabricante acessando um I/O distribuído (escravo) de outro fabricante. Durante o desenvolvimento do projeto, o arquivo GSD fornecido pelo fabricante do I/O distribuído é importado na ferramenta de configuração do PLC. Contendo a descrição do equipamento, o arquivo GSD é usado como base para a configuração da comunicação.

Durante a operação, o PLC lê e escreve variáveis de processos no I/O distribuído (ou seja, lê as entradas e escreve nas saídas do I/O distribuído).

Funções básicas de diagnose do I/O distribuído estão também disponíveis para o PLC.

De acordo com a Associação PROFIBUS, DPV1 é um aprimoramento das funções acima, se o PLC e seus escravos forem compatíveis com o padrão DPV1 estarão disponíveis também funções adicionais. Como exemplo, pode-se citar o caso de um PLC que além de ler e escrever valores de processo num inversor de frequência (valor desejado e atual de velocidade, comandos de liga/desliga, entre outros),

também pode ler e escrever parâmetros do mesmo (limites de corrente, dados do motor, tempos de rampa, entre outros).

No DPV1 também é possível a configuração de instrumentos em rede PA com acesso aos seus parâmetros em ambiente de configuração, através do uso de (EDD e FDT). É possível também a configuração e comunicação com equipamentos de falha segura, como por exemplo, cortinas de luz.

A função de “dados de identificação e manutenção” (I&M) permite ler e guardar dados nos equipamentos que auxiliam a identificar e levantar o histórico do componente na planta.

Já a interface de programação padronizada auxilia a uma maior transparência e transportabilidade dos programas aplicativos.

De acordo com a Associação PROFIBUS, DPV2 no atual estado da arte (DPV2) além das funções descritas acima, também está disponível a troca de dados tipo Broadcast. Neste caso, por exemplo, um mestre de rede DP pode ler dados de um escravo que pertence a outro mestre.

Outra função disponível é a operação em modo isócrono. Neste tipo de operação o evento de leitura e escrita é sincronizado de modo que se possa tirar um “retrato” de todos os equipamentos num determinado instante e dar comandos sincronizados aos mesmos.

A função de sincronismo de relógio é, por exemplo, de grande utilidade em plantas que precisam monitorar com precisão uma sequência de eventos ocorridos no caso de problema ou desligamento de um sistema.

A possibilidade de integração de Hart à rede DP é de grande importância para os casos de reformas e atualizações de plantas antigas, sem a necessidade de grandes investimentos.

3.5.2 Profibus FMS

PROFIBUS FMS (*Fieldbus Message Specification*): esta versão é uma evolução do PROFIBUS DP e destina-se a comunicação ao nível de células (nível onde se encontram os PLCs), destinado a tarefas de comunicações complexas. O FMS é tão poderoso que pode suportar o volume de dados até o nível gerencial, mesmo que isso não seja indicado.

Atualmente, com o advento do PROFINet, o FMS tem um papel menos significativo.

3.5.3 Profibus PA

PROFIBUS PA (*Process Automation*): é a versão mais moderna do PROFIBUS, sendo o responsável por atender os requisitos da automação de processos. Uma característica interessante deste protocolo é que os dados podem trafegar pela mesma linha física da alimentação DC, o que economiza tempo de instalação e cabos, e diminui o custo de sua instalação. Sua performance é semelhante ao DP. Uma característica interessante nesse protocolo, é o fato dele ser intrinsecamente seguro, podendo ser usado em áreas classificadas.

3.6 Arquitetura e topologias de rede do Protocolo Profibus

O PROFIBUS oferece com um mesmo protocolo de comunicação os níveis H1 e H2, sendo que o PROFIBUS DP é o barramento de alta velocidade (H2) e o PROFIBUS PA é o barramento de processo (H1), conforme descrito na figura abaixo:

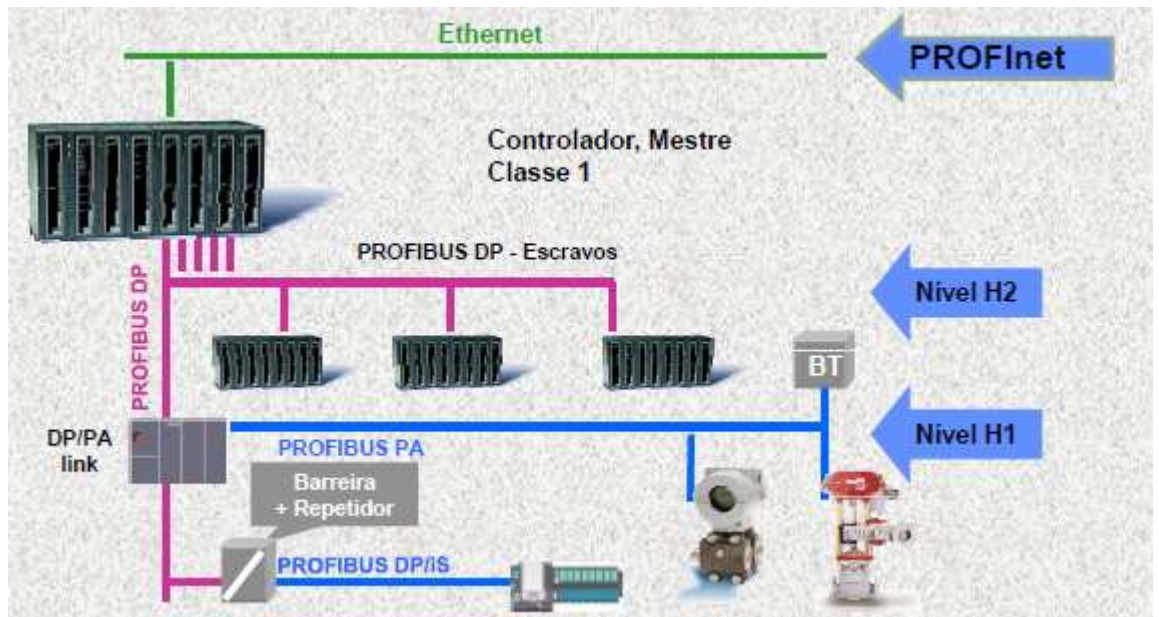


FIGURA 09 - Arquitetura do protocolo PROFIBUS

FONTE: Oliveira (2009)

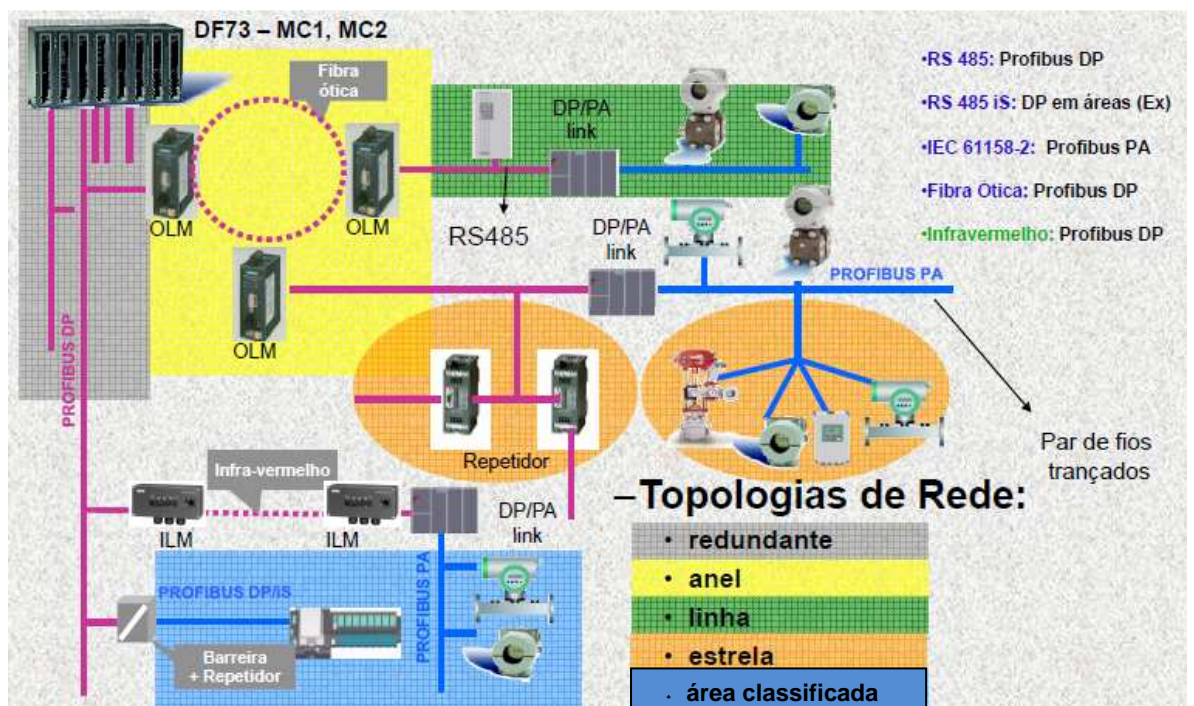


FIGURA 10 - Topologias de redes PROFIBUS

FONTE: Associação PROFIBUS (2006)

3.7 Perfis

Enlace e interação entre os perfis:

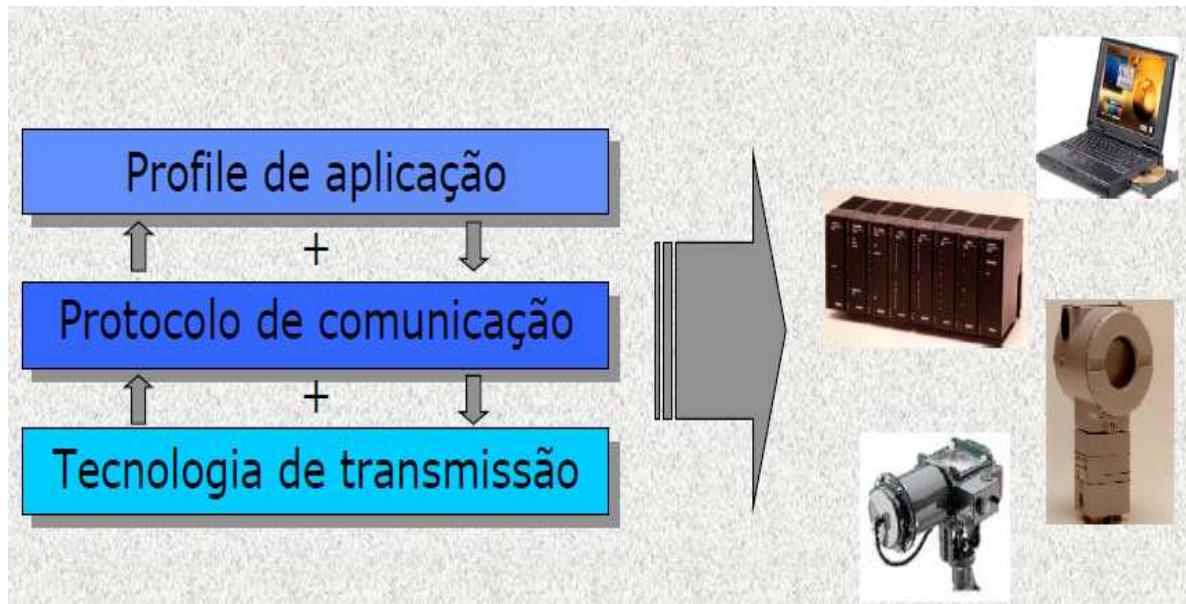


FIGURA 11 - Perfis

FONTE: Associação PROFIBUS (2006)

3.7.1 Perfil de comunicação

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

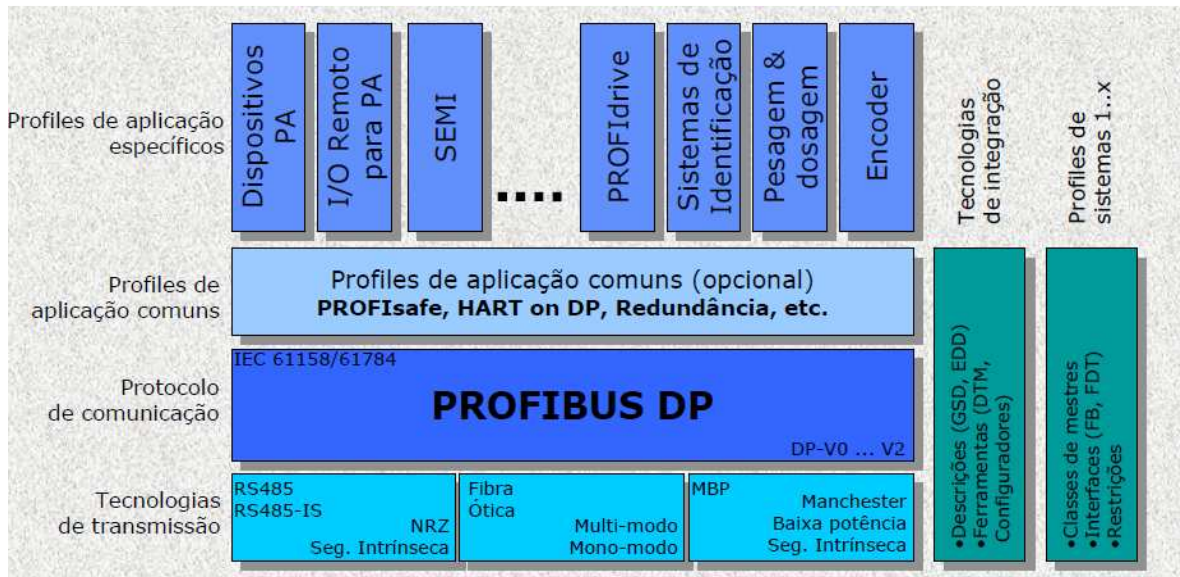


FIGURA 12 - Estrutura técnica dos perfis do protocolo.

FONTE: Associação PROFIBUS (2006)

3.7.2 Perfil físico

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, somam-se as exigências específicas da área de automação de processos tais como operação em área classificada, transmissão de dados e alimentação no mesmo meio físico, entre outros. Partindo-se do princípio de que não é possível atender a todos estes requisitos com um único meio de transmissão, existem atualmente três tipos básicos de meio físicos de comunicação disponíveis no PROFIBUS:

- ✓ RS485 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 às interferências e grandes distâncias.

Atualmente, estão sendo desenvolvidos produtos com tecnologia em infravermelho e wireless que por sua vez já encontram-se disponíveis no mercado porém sendo mais utilizados para monitoração e não para controle de processos.

3.7.3 Perfil de aplicação

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: *ProfiSafe*, Acionamentos (Drives), Interface Homem Máquina (IHM), *Encoders*, entre outros, os quais definem a comunicação e o comportamento destes equipamentos de uma maneira independente do fabricante.

3.8 Configurando o sistema e seus 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/Os, 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:

- ✓ MESTRE Classe-1 DP 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 ou sistemas VME.
- ✓ MESTRE Classe-2 DP 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.
- ✓ ESRCRAVO DP é um dispositivo periférico (dispositivos de I/O, drivers, IHM, válvulas, entre outros) 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.

Em sistemas mono-mestre somente um mestre é ativo no barramento durante a fase de operação da rede. Na figura 13 é mostrada a configuração de um sistema mono-mestre. O PLC é o controlador central, sendo os DP-escravos distribuídos conectados à ele via o barramento. Sistemas mono-mestre possuem tempo de ciclo curtíssimo.

Comunicação Mestre e Escravo

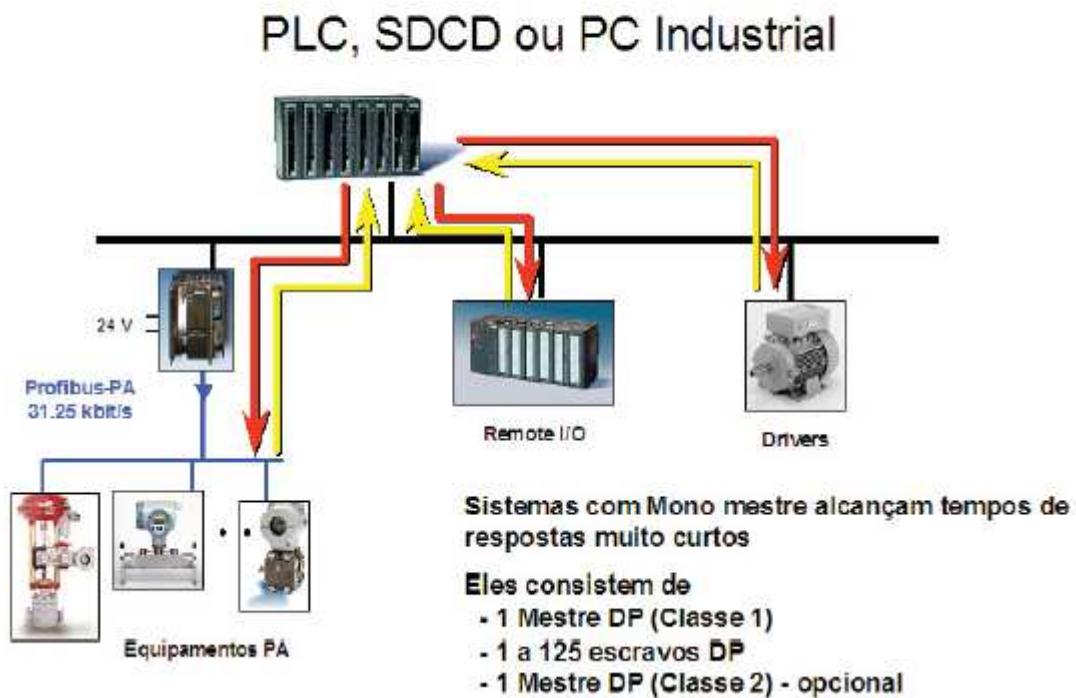


FIGURA 13 - Sistema mono-mestre no PROFIBUS DP

FONTE: Oliveira (2009)

Em configurações multi-mestre (Figura 14) vários mestres são ligados a um único barramento. Estes mestres são subsistemas 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 DP podem ser lidas por todos os mestres DP. Entretanto, somente um único mestre DP (por ex. o DPM1 designado durante configuração) poderá escrever em uma saída.

Naturalmente sistemas multi-mestres possuem um tempo de ciclo mais longo que sistemas mono-mestre.

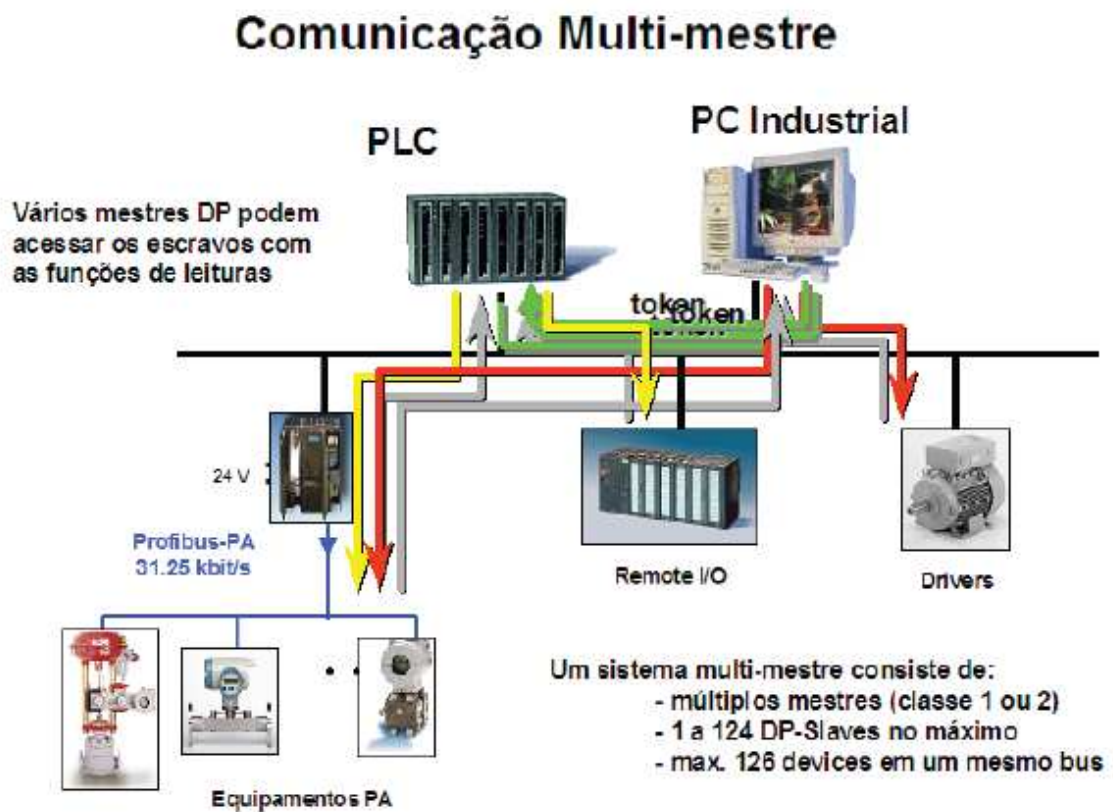


FIGURA 14 - Sistema multi-mestre no PROFIBUS DP

FONTE: Oliveira (2009)

3.9 Meios de transmissão

Da mesma maneira que são caracterizados em três tipos, as versões do protocolo, existem também três tipos de meios físicos de comunicações que podem ser utilizados pelo PROFIBUS:

- ✓ Meio de transmissão RS485;
- ✓ Meio de transmissão IEC 61158-2;
- ✓ Meio de transmissão Fibra Ótica.

3.9.1 Transmissão RS485

É o meio físico mais utilizado e consiste basicamente de um cabo blindado e dois fios, geralmente nas cores verde e vermelha. Nas extremidades da rede é necessário realizar terminação da rede, que consiste num arranjo de resistores interligados aos terminais da rede e dois pontos de tensão de referência disponibilizados no dispositivo. Existe também a possibilidade de utilização de terminadores ativos.

3.9.1.1 Transmissão RS485I

Existia grande demanda entre usuários para apoiar o uso do RS485 com suas rápidas taxas de transmissão em áreas intrinsecamente seguras. O PNO encarou esta tarefa e desenvolveu uma diretriz para a configuração de soluções RS485 intrinsecamente seguras com capacidade de troca de dados simples de dispositivos.

A especificação dos detalhes da interface, os níveis para corrente e tensão que precisam ser aderidos para todas as estações devem assegurar um funcionamento seguro durante a operação. Um circuito elétrico permite correntes máximas em um nível de tensão específico.

Quando conectar fontes ativas, a soma das correntes de todas as estações não pode exceder a corrente máxima permitida. Uma inovação do conceito RS485IS é que, em contraste ao modelo FISCO que tem somente uma fonte intrinsecamente segura, todas as estações representam agora fontes ativas.

3.9.2 Transmissão IEC 61158-2

É um padrão que define regras e particularidades para aplicações em automação de processos (PROFIBUS PA), sobretudo para aplicações em áreas classificadas.

3.9.3 Transmissão Fibra Ótica

É o meio físico mais recomendado para locais onde há grande possibilidade de interferências eletromagnéticas (EMI). Existem equipamentos disponíveis no mercado para efetuar a conversão de RS485 para fibra ótica e vice-versa, específicos para rede PROFIBUS DP.

3.10 Adequações para instalações da rede

3.10.1 Utilitários de rede

Grande parte dos problemas apresentados pela rede PROFIBUS são causados pela não utilização ou utilização incorreta de seus utilitários de rede.

Apresenta-se abaixo seus principais utilitários e suas respectivas características.

3.10.1.1 Repetidores

Segundo a Associação PROFIBUS(2006), repetidores são elementos ativos que servem para interfacear segmentos em uma rede PROFIBUS e que asseguram níveis adequados de sinais, garantindo a integridade do sinal de comunicação. O repetidor possui a capacidade de evitar a deterioração do sinal em longas distâncias. Essencialmente ele trabalha recebendo o sinal de um segmento de rede, "limpando" e amplificando este sinal, e transmitindo-o para outro segmento de rede. Desta forma a mensagem original é mantida por todos os segmentos da rede. O repetidor executa esta função bidirecionalmente. Além disso, serve para isolar galvanicamente os segmentos.

É de extrema importância destacar algumas das principais vantagens e benefícios com as aplicações dos repetidores:

- ✓ Proteção contra curto-circuito em cada segmento;
- ✓ Alta disponibilidade;
- ✓ Facilidade para expandir instalações já existentes;
- ✓ Permite arranjar a topologia da rede de forma funcional;
- ✓ Compatível com todos os tipos de cabos DP;
- ✓ Transparente para todos os protocolos PROFIBUS DP;
- ✓ 9,6 Kbps a 12 Mbps (detecção automática);
- ✓ Não ocupa endereço da rede.

É válido ressaltar que pode-se ter até 126 dispositivos DPs, divididos em segmento com 32 estações, onde devem ser contabilizados os repetidores, OLMs, entre outros. Segundo a EN50170, um máximo de 4 repetidores são permitidos entre duas estações quaisquer. Dependendo do fabricante e das características do repetidor, mais de 4 repetidores é possível.

Pode-se ter até 9 repetidores em cascata, lembrando que não se recomenda um número maior devido aos atrasos embutidos na rede e o comprometimento com o *slot time* (máximo tempo que o mestre irá esperar por uma resposta do *slave*).

A recomendação é que se coloque um repetidor onde se quer criar braços além do tronco principal. Certamente na prática pode-se ter uma margem de 5% destes comprimentos máximos e não há a necessidade de se comprar um repetidor quando se ultrapassa os limites dentro desta proporção. E ainda, observe que ao ter um repetidor se faz necessário um terminador antes do mesmo e um depois, conforme a topologia.

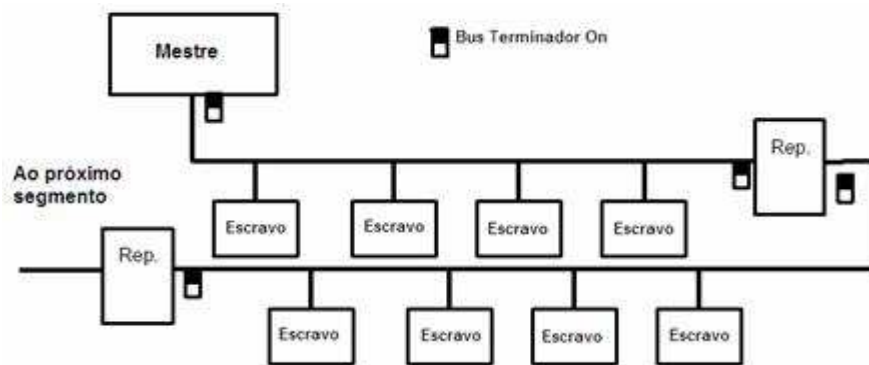


Figura 15 - Regra geral de segmentação, repetidores e terminadores.
 FONTE : Oliveira (2009)

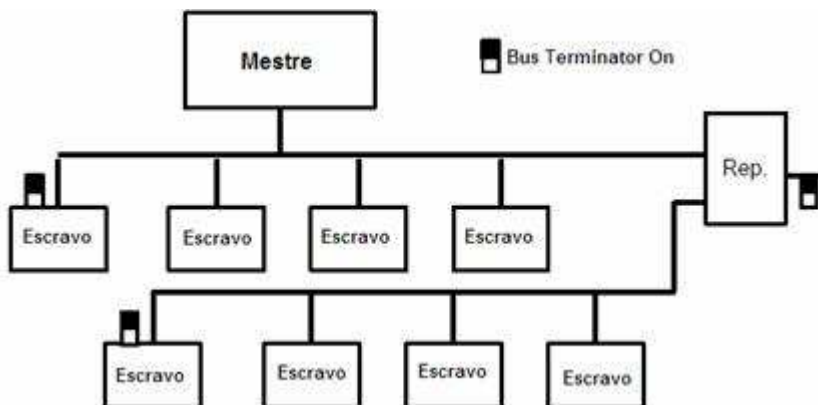


Figura 16 - Mestre localizado no meio do barramento.
 FONTE : Oliveira (2009)

Alguns repetidores não se programam automaticamente com a taxa de comunicação e nem mesmo possuem indicação luminosa de alimentação ativa.

O comprimento máximo do cabeamento depende da velocidade de transmissão, conforme o TAB.05.

TABELA 05 - Distâncias limites que devem ser respeitadas no PROFIBUS DP.

Baud rate (kbit/s)	9.6	19.2	93.75	187.5	500	1500	12000
Comprimento Total (m) ou Segmento (m)	1200	1200	1200	1000	400	200	100
Tronco Máximo (m)	500	500	900	967	380	193.4	100
Spur Máximo (m)	500	500	100	33	20	6.6	0

FONTE : Associação Profibus (2006)

3.10.1.2 Terminadores

Os Terminadores de rede são impedâncias que se incorporam na rede PROFIBUS com a função de unir a impedância da rede. Quanto maior for o comprimento da rede, maior poderá ser a distorção dos sinais. O terminador elimina erros de comunicação por distorções de sinais. Vale a pena ainda lembrar que se não colocarmos o terminador, o cabeamento funciona como uma antena, facilitando a distorção de sinais e aumentando a susceptibilidade a ruídos. A impedância característica é o valor da carga, que colocada no final desta linha, não reflete nenhuma energia. Ou em outras palavras, é o valor da carga que proporciona um coeficiente de reflexão zero, ou ainda, uma relação de ondas estacionárias igual a um (ASSOCIAÇÃO PROFIBUS 2006).

Tanto a rede PROFIBUS DP quanto a rede PROFIBUS PA exigem os terminadores. É obrigatório o uso dos terminadores de barramento, onde sua ausência causa o desbalanceamento, provocando atraso de

propagação, assim como a oscilações ressonantes amortecidas causando transposição dos níveis lógicos (thresholds).

A falta de um terminador ou sua conexão em ponto incorreto pode degradar o sinal, pois o comportamento da fiação além do terminador funcionará como uma antena e os níveis de sinais podem aumentar em mais de 70%. Quando se tem mais de dois terminadores, os níveis de sinais podem atenuar mais do que 30%. Condições de atenuação do sinal ou reflexões pela ausência do terminador pode causar intermitência no barramento. O terminador da rede PA é composto de um resistor de $100\Omega \pm 2\%$ e um capacitor de $1\mu\text{F} \pm 20\%$ em série.

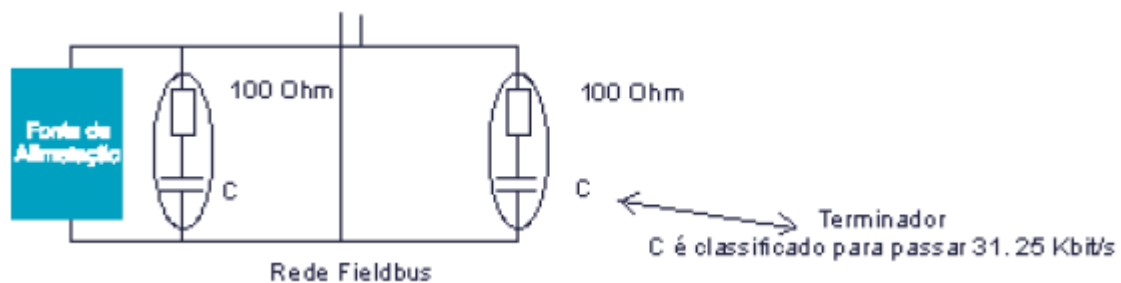


Figura 17 - Terminador de barramento.

FONTE : Associação Profibus (2006)

3.10.1.3 Couplers e Links

Os responsáveis pela integração de versões do protocolo PROFIBUS DP com PROFIBUS PA, 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 sub-redes.

Os acopladores de segmento, os Couplers, são conversores de sinal que adaptam os sinais RS485/Fibra 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 RS485 ficará limitada em no máximo a 45,45 Kbit/s ou 93,75 Kbit/s, ou ainda até 12 Mbit/s com couplers de alta velocidade.

TABELA 06 - Características dos acopladores DP/PA

	Siemens	Siemens	Siemens	Pepperl+Fuchs	Pepperl+Fuchs
Código de Pedido	6ES7157-0AD00-0XA0	6ES7157-0AC00-0XA0	6ES7157-0AA00-0XA0 PA/Link	KFD2-BR-Ex 1.PA.	KFD2-BR-1.PA.
"Ex"	IA DE EX IIC	-	IA DE EX IIC	IA DE EX IIC	-
Tensão de Operação (V)	12.5	19	(3)	12.6	22
Corrente Máxima de Operação (mA)	100	400	(3)	110	380
Alimentação Máxima (W)	1.8		(3)	1.93	
Resistência Máxima da Linha (Ω)	35	25	(3)	32.7	34.2
Comprimento Máximo do Cabo (m)	1000	1900 (2)	(3)	1000 (1)	1900 (2)
Taxa de Transmissão/Recepção DP	45,45 Kbits/s	45,45 Kbits/s	Até 12 Mbits/s	93,75 kbits/s	93,75 Kbits/s

FONTE : Siemens



FIGURA 18 - Arquitetura básica com aplicação de Couplers.

FONTE : Smar (2007)

Os 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 RS485. Neste caso não existe limitação de velocidade no segmento RS485 o que significa que é possível implementar redes rápidas, por exemplo, para funções de controle, incluindo dispositivos de campo conectados em IEC 61158-2. Além disso, aumentam a capacidade de endereçamento.

O link DP/PA pode ser operado em todos os padrões mestres PROFIBUS DP e a capacidade de endereçamento do sistema é aumentada consideravelmente, mas o link DP/PA reserva somente um endereço do PROFIBUS DP. Os escravos conectados ao link DP/PA têm o seu endereçamento iniciado como se fosse uma rede nova, o que permite expandir a capacidade de endereçamento, já que se tem um outro nível com a rede PA. Nesta rede PA pode-se ter até 30 escravos por coupler. A Siemens possui um link DP/PA que é o modelo IM157. Este link trabalha no lado PA em 31,25 kbits/s e no lado do DP de 9,6 kbits/s a 12 Mbits/s. O próprio link consiste de um módulo de interface com até cinco acopladores DP/PA, versão intrinsecamente segura, ou até dois acopladores DP/PA, versão não segura. O IM157 e cada acoplador devem ser alimentados com 24 Vdc. O número máximo de equipamentos de campo por link é limitado a 30 ou 64 equipamentos, mas isto depende do modelo e da quantidade de bytes trocados ciclicamente. Um ponto importante que deve ser levado em conta é que no arquivo GSD do link IM157 deve ser acrescentado os dados cíclicos de cada equipamento, onde as áreas de início e fim devem ser demarcadas.

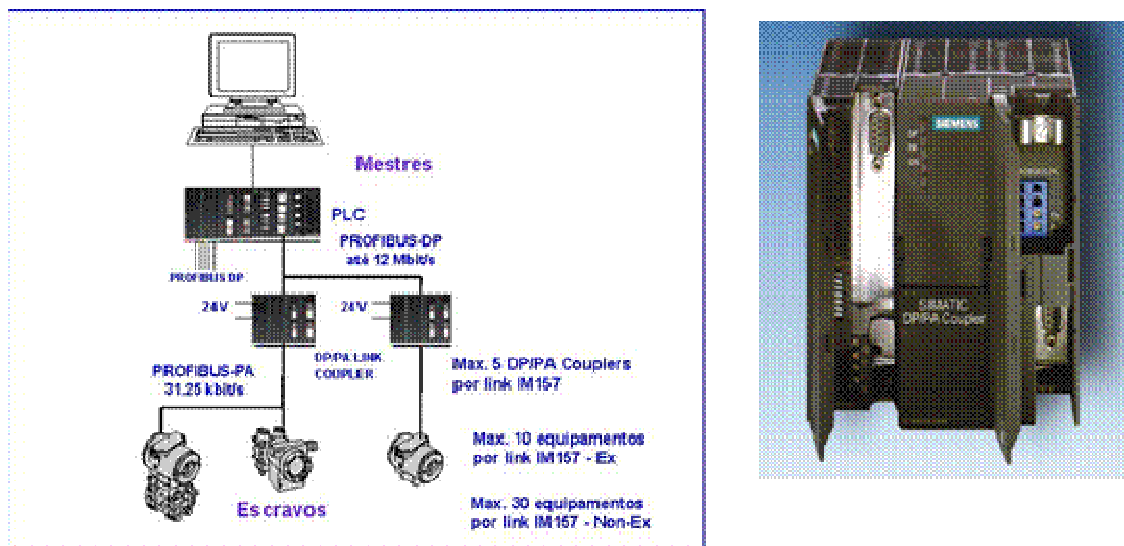


FIGURA 19 - Arquitetura básica com aplicação de Couplers e Links.

FONTE : Smar (2007)

Quanto ao endereçamento, pode-se ter duas arquiteturas a analisar onde fundamentalmente tem-se a transparência dos couplers e a

atribuição de endereços aos links *devices*, conforme pode-se ver na FIG. 20:

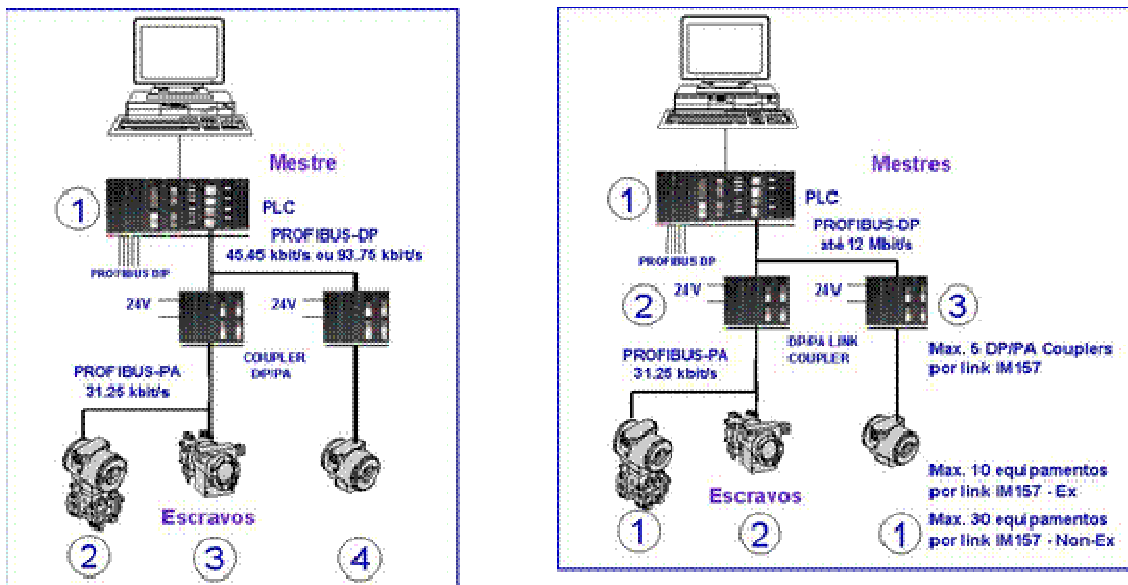


FIGURA 20 - Comparativo entre endereçamento com Couplers e Links.

FONTE : Smar (2007)

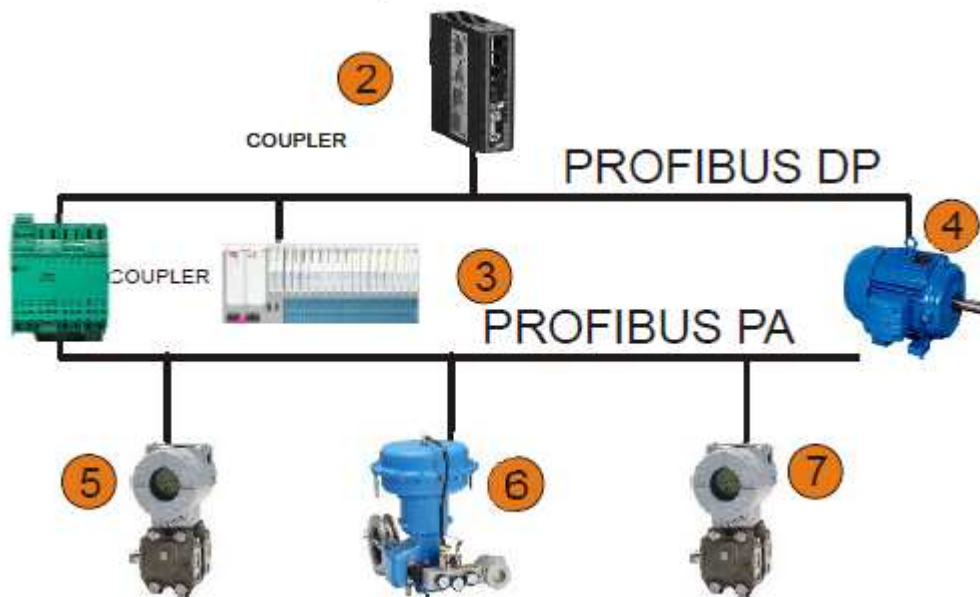


FIGURA 21 - Endereçamento transparente com Coupler DP/PA

FONTE : Smar (2007)

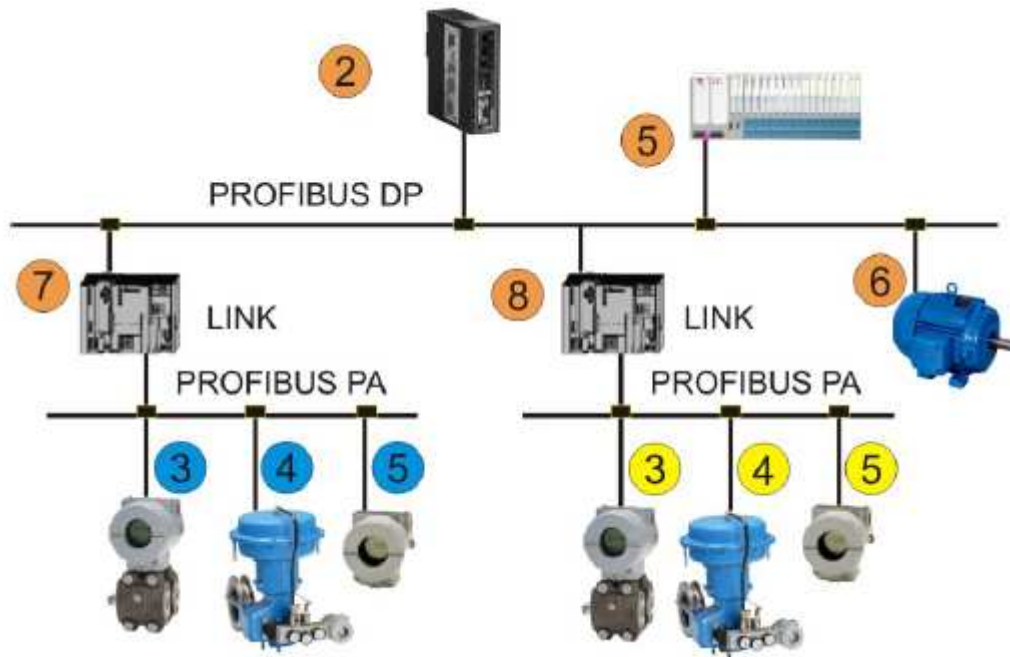


FIGURA 22 - Endereçamento estendido com Link DP/PA
 FONTE : Smar (2007)

3.10.1.4 Shield e Aterramento

Ao considerar a questão de shield e aterramento em barramentos de campo, deve-se levar em conta:

- ✓ A compatibilidade eletromagnética (EMC);
- ✓ Proteção contra explosão;
- ✓ Proteção de pessoas.

De acordo com a IEC 61158-2, aterrar significa estar permanentemente conectado ao terra através de uma impedância suficientemente baixa e com capacidade de condução suficiente para prevenir qualquer tensão que possa resultar em danos de equipamentos ou pessoas. Linhas de tensão com 0 Volt devem ser conectadas ao terra e serem galvanicamente isoladas do barramento fieldbus. O propósito de se aterrar o shield é evitar ruídos de alta frequência. Preferencialmente, o shield deve ser aterrado em dois pontos, no início e no final do

barramento, desde que não haja diferença de potencial entre estes pontos, permitindo a existência e caminhos para corrente de loop. Na prática, quando esta diferença existe, recomenda-se aterrar o shield somente em um ponto, ou seja, na fonte de alimentação ou na barreira de segurança intrínseca. Deve-se assegurar a continuidade da blindagem do cabo em mais de 90% do comprimento total do cabo. O shield deve ter continuidade nos conectores, acopladores, *splices* e caixas de distribuição e junção. Nunca se deve utilizar o shield como condutor de sinal. É preciso verificar a continuidade do shield até o último equipamento PA do segmento, analisando a conexão e acabamento, pois este não deve ser aterrado nas carcaças ou no início dos equipamentos. Em áreas classificadas, se uma equalização de potencial entre a área segura e a área perigosa não for possível, o shield deve ser conectado diretamente ao terra (*Equipotencial Bonding System*) somente no lado da área perigosa. Na área segura, o shield deve ser conectado através de um acoplamento capacitivo (capacitor preferencialmente cerâmico (dielétrico sólido), $C \leq 10 \text{ nF}$, tensão de isolamento $\geq 1.5 \text{ kV}$).

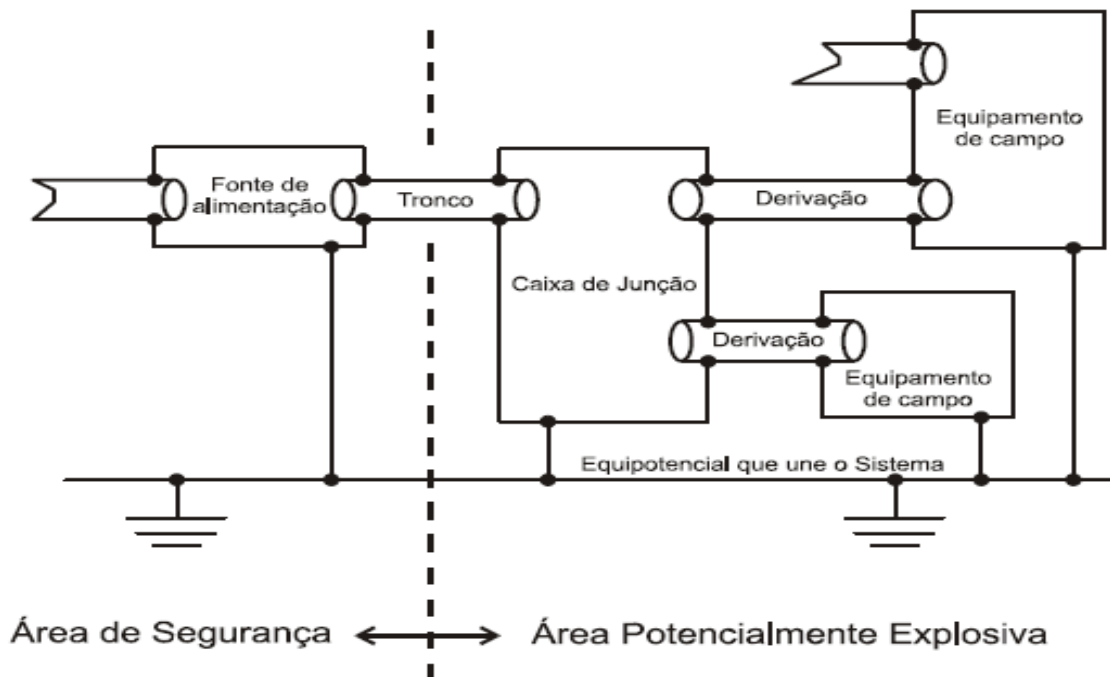


FIGURA 23 - Combinação ideal de shield e aterramento

FONTE : Cassiolato (2006)

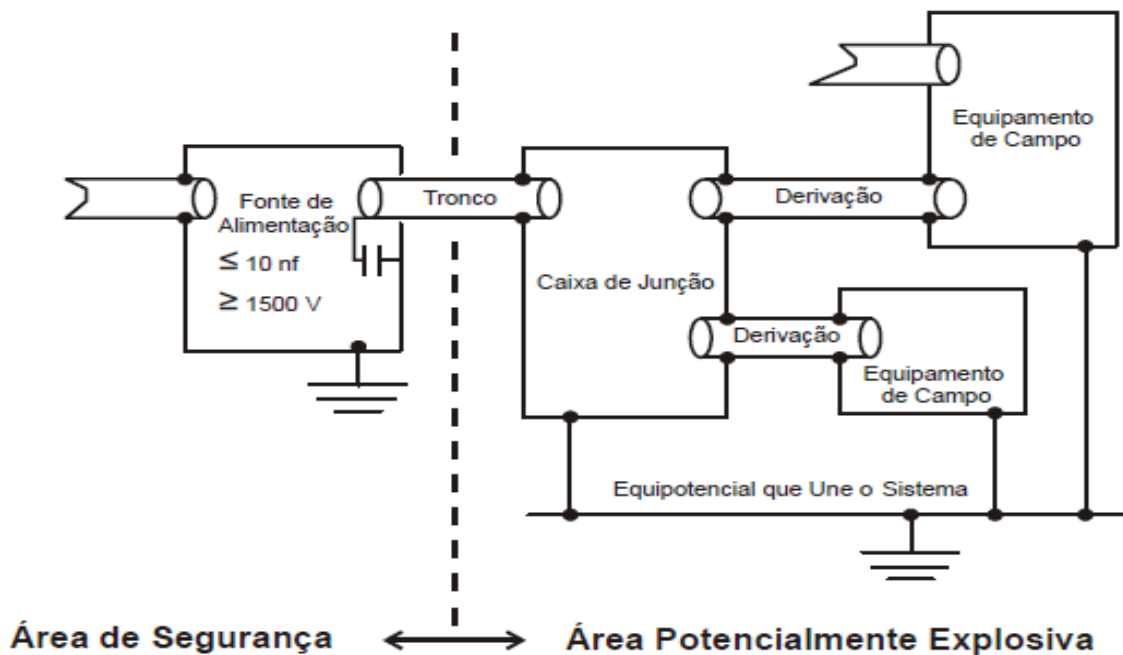


FIGURA 24 - Aterramento Capacitivo.

FONTE : Cassiolato (2006)

A IEC 61158 recomenda que se tenha a isolação completa. Este método é usado principalmente nos Estados Unidos e na Inglaterra. Neste caso, o shield é isolado de todos os terras, a não ser o ponto de terra do negativo da fonte ou da barreira de segurança intrínseca do lado seguro. O shield tem continuidade desde a saída do coupler DP/PA, passa pelas caixas de junção e distribuição e chega até os equipamentos. As carcaças dos equipamentos são aterradas individualmente do lado não seguro. Este método tem a desvantagem de não proteger os sinais totalmente das interferências de alta frequência e dependendo da topologia e comprimento dos cabos, pode gerar em alguns casos a intermitência de comunicação. Recomenda-se nestes casos o uso de canaletas metálicas. Uma outra forma complementar à primeira, seria ainda aterrar as caixas de junções e as carcaças dos equipamentos em uma linha de equipotencial de terra, do lado não seguro. Os terras do lado não seguro com o lado seguro devem ser separados.

A condição de aterramento múltiplo também é comum, onde se tem uma proteção mais efetiva às condições de alta frequência e ruídos eletromagnéticos. Este método é preferencialmente adotado na

Alemanha e em alguns países da Europa. Neste método, o shield é aterrado no ponto de terra do negativo da fonte ou da barreira de segurança intrínseca do lado seguro e além disso, no terra das caixas de junções e nas carcaças dos equipamentos, sendo estas também aterradas pontualmente, no lado não seguro. Uma outra condição seria complementar a esta, porém os terras seriam aterrados em conjunto em uma linha equipotencial de terra, unindo o lado não seguro ao lado seguro.

Para maiores detalhes, sempre consultar as normas de segurança do local. Recomenda-se utilizar a IEC 60079-14 como referência em aplicações em áreas classificadas.

3.11 Tecnologia de integração, gerenciamento e segurança

3.11.1 Aplicações Failsafe

A PROFIBUS *User Organization* (Organização de Usuários de PROFIBUS) publicou em 1999, diretivas para o desenvolvimento do modelo ProfiSafe, que trata-se da tecnologia dedicada ao diagnóstico e tratamento de falhas seguras com principal foco à proteção de pessoas, de equipamentos/máquinas e do ambiente, visando sempre o sistema seguro ideal.

Desde o início das definições do ProfiSafe foi estipulado que a comunicação das funções de segurança e a comunicação standard deveriam compartilhar o mesmo meio físico. A implementação deveria ser feita em um único canal (sem a necessidade de redes redundantes), entretanto poderia se ter a opção da redundância para se aumentar a disponibilidade do sistema. O resultado foi uma solução que utiliza os componentes de comunicação já padronizados da rede PROFIBUS, sem restrições com relação a número de nós, *baud rate* ou tecnologia de

transferência de dados (caso os tempos de resposta da aplicação sejam compatíveis). Escravos e Mestres convencionais compartilham a mesma rede PROFIBUS com Escravos e Mestres Fail-Safe, sem a necessidade de redes redundantes para se atingir as mais altas exigências de confiabilidade na transmissão da informação.

Esse sistema seguro requer, em outras palavras, que os dados e informações possam ser validados em relação aos seus valores e ao domínio do tempo, o que deve ser aplicável no sistema como um todo. Isto implica em garantir que o dado recebido foi enviado corretamente e que quem o enviou também é o transmissor correto. Além disso, que essa seja a informação esperada, em determinado instante e que a informação que foi recebida esteja sequencialmente correta, entre outros.

Atualmente, o exemplo mais típico de padrão de segurança internacional e que envolve a maior parte dos desenvolvedores e implementadores de sistemas com segurança é o chamado IEC 61508. Esse padrão mostra as atividades envolvidas em todo ciclo de vida de sistemas eletrônicos programáveis em relação à segurança. Portanto, trata tanto de requisitos de hardware quanto de software.

O perigo de acidentes em processos industriais é vasto e a probabilidade de acontecer um acidente é dependente das probabilidades de falhas do sistema. A implicação de falhas depende do tipo e requisitos de segurança da aplicação.

O perfil de aplicação PROFIBUS “PROFIsafe” - Perfil para Tecnologia Segura descreve mecanismos de comunicação segura entre periféricos sujeitos à falha-segura (Fail-Safe) e controladores seguros. É baseado nos requisitos dos padrões e diretivas para aplicações com segurança orientada, como a IEC 61508 e EN954-1, bem como na experiência dos fabricantes de equipamentos com Fail-Safe e na comunidade de fabricantes de CLPs.

São apresentados a seguir, de forma resumida, seus principais conceitos. Este perfil suporta aplicações seguras em uma extensa área de aplicações em campo. E, ao invés de utilizar barramentos especiais para as funções de segurança, permite a implementação da automação

segura através de uma solução aberta e no padrão PROFIBUS, garantindo os custos efetivos de cabeamento, consistência do sistema em relação à parametrização e funções remotas de diagnóstico.

Garante a segurança em sistemas de controle descentralizados através da comunicação Fail-Safe e dos mecanismos de segurança dos dispositivos e equipamentos.

Destaca-se a seguir alguns exemplos de áreas de aplicação deste perfil de segurança:

- ✓ Indústria de Manufatura;
- ✓ Proteção rápida de pessoas, máquinas e ambiente;
- ✓ Funções de paradas de emergência;
- ✓ Barreiras de luz;
- ✓ Controle de entrada;
- ✓ Scanners;
- ✓ Drivers com segurança integrada;
- ✓ Controle de processos em geral;
- ✓ Áreas químicas e petroquímicas;
- ✓ Transporte público.

A tecnologia aberta PROFIBUS atende a uma série de requisitos, das mais variadas aplicações em termos de segurança de acordo com o PROFIsafe:

- ✓ Independência entre comunicação relevantemente segura e a comunicação segura.
- ✓ Aplicável a níveis SIL3 (IEC61508), AK6 (DIN V 19250) e categoria de controle 4 (KAT4) (EN 954-1).
- ✓ A redundância é usada somente para aumentar a confiabilidade.
- ✓ Qualquer master ou link DP pode ser usado.
- ✓ Na implementação, masters DP, ASICs, links e couplers não devem sofrer modificações, desde que as funções de segurança sejam implementadas acima da camada OSI layer 7 (isto é, nenhuma mudança ou acomodações no protocolo DP).
- ✓ As implementações das funções de transmissões seguras devem ser restritas à comunicação entre os equipamentos e não deve restringir o número dos mesmos.

- ✓ É sempre uma relação de comunicação 1:1 entre os dispositivos F.
- ✓ Os tempos de transmissões devem ser monitorados.



FIGURA 25 - Comunicação entre dispositivos failsafe via PROFIBUS
 FONTE : Siemens (2007)

Na prática, aplicações seguras e padrões compartilharão os sistemas de comunicação PROFIBUS DP simultaneamente. As funções de transmissões seguras incluem todas as medidas que podem estar deterministicamente descobertas, em possíveis falhas perigosas. Estas podem ser adicionadas ao sistema de transmissão padrão, com a intenção de minimizar seus efeitos. Incluem-se, por exemplo, as funções de mau funcionamento randômico, efeitos de EMI, falhas sistemáticas de hardware ou software, entre outros.

Por exemplo, é possível que durante uma comunicação se perca parte de um frame, ou que parte do mesmo apareça repetida, ou ainda, que apareça em ordem errada ou mesmo em atraso.

No PROFIsafe toma-se algumas medidas preventivas, com o intuito de cercar as possíveis causas de falhas e, quando as mesmas ocorrerem, que aconteçam com segurança:

Numeração consecutiva de todas as mensagens seguras: aqui se pretende minimizar a perda de comunicação, inserção de bytes no frame e sequência incorreta.

Sistema de *watchdog timer* para as mensagens e seus reconhecimentos: controlando os atrasos.

Uma senha (password) entre emissor e receptor: evitando *linking* entre as mensagens padrão e segura.

Proteção adicional do telegrama com a inclusão de 2 a 4 bytes de CRC: evitando a corrupção dos dados de usuário e *linking* entre as mensagens padrão e segura.

Estas medidas devem ser analisadas e tomadas em uma unidade de dado Fail-Safe.

O PROFIsafe é uma solução em software, com canal único, que é implementada como uma camada adicional acima do *layer 7* nos dispositivos. Um *layer* seguro define métodos para aumentar a probabilidade de se detectar erros que possam ocorrer entre dois equipamentos/dispositivos que se comunicam em um fieldbus.

A grande vantagem é que pode ser implementado sem mudanças, proporcionando proteção aos investimentos dos usuários.

Utilizam-se os mecanismos da comunicação cíclica nos meios físicos 485 ou H1 (31,25 kbits/s). A comunicação acíclica é utilizada para níveis irrelevantes de segurança de dados. Garante tempos muito curtos de respostas, ideal em manufaturas e operação intrinsecamente segura, de acordo com as exigências da área de controle de processos.

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 patentado SIL Monitor, foi possível alcançar a desejada classe de probabilidade de falhas até SIL3 ou AK6, ou categoria 4.

3.11.2 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 GSDs são fornecidos pelos fabricantes dos dispositivos.

Os arquivos GSDs 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.

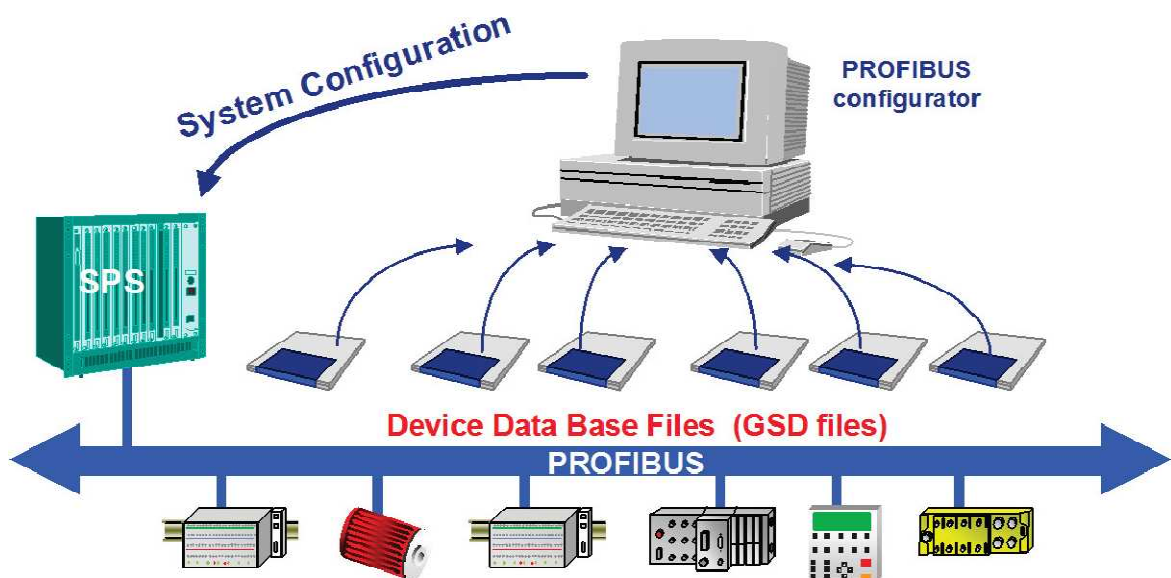


FIGURA 26 - Arquivos GSDs permitem configuração aberta.

FONTE : Smar (2007)

Os arquivos GSDs fornecem uma descrição clara e precisa das características de um dispositivo em um formato padronizado. Estes são preparados pelo fabricante para cada tipo de dispositivo e oferecidos 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:

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

✓ 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.

3.11.3 Descrição Eletrônica do Dispositivo (EDD)

A EDDL (Linguagem de descrição eletrônica do dispositivo) é uma linguagem baseada em texto, muito parecida com a linguagem C em termos de estruturação, que descreve as características de comunicação digital dos parâmetros dos equipamentos e dispositivos de campo. É utilizada para facilitar a informação e condições de status, diagnósticos e configuração. Sua base é a DDL (*Device Description Language*), utilizada pela HART desde 1992, onde foram acrescentados comandos visuais, principalmente relativos a parte gráfica e imagens e que visam uma melhor interface aos usuários em termos de configuração, calibração e manutenção. Alguns equipamentos, como por exemplo, os posicionadores possuem várias informações que podem ser gráficas, tais como curvas de tendências, assinaturas de válvulas, entre outros, que agora poderão ser desenvolvidas com mais facilidade e com mais recursividades.

Além disso, a EDD permite que os fabricantes de sistemas possam criar um ambiente único e integrado, suportando qualquer equipamento, de qualquer fornecedor e de diferentes protocolos, sem a necessidade de drivers ou arquivos customizados e, aqui está a grande vantagem para o usuário que poderá trabalhar em um ambiente simples, sem a necessidade de treinamentos específicos para cada tipo de protocolo ou ferramenta.

A descrição eletrônica do dispositivo (EDD) descreve as propriedades de um dispositivo PROFIBUS. A linguagem pode ser usada universalmente e permite descrições independentes 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.

3.11.4 Conceito FDT/DTM

A tecnologia FDT/DTM, surgiu como alternativa para a integração de equipamentos em ambientes heterogêneos, uma vez que permite estender a funcionalidade normalmente encontrada nas DD's para ambientes gráficos ricos e flexíveis, incorporando execução de funções complexas como, por exemplo, a calibração de medidores de nível por radar. FDT está para interoperabilidade de software assim como PROFIBUS está para a interoperabilidade de hardware.

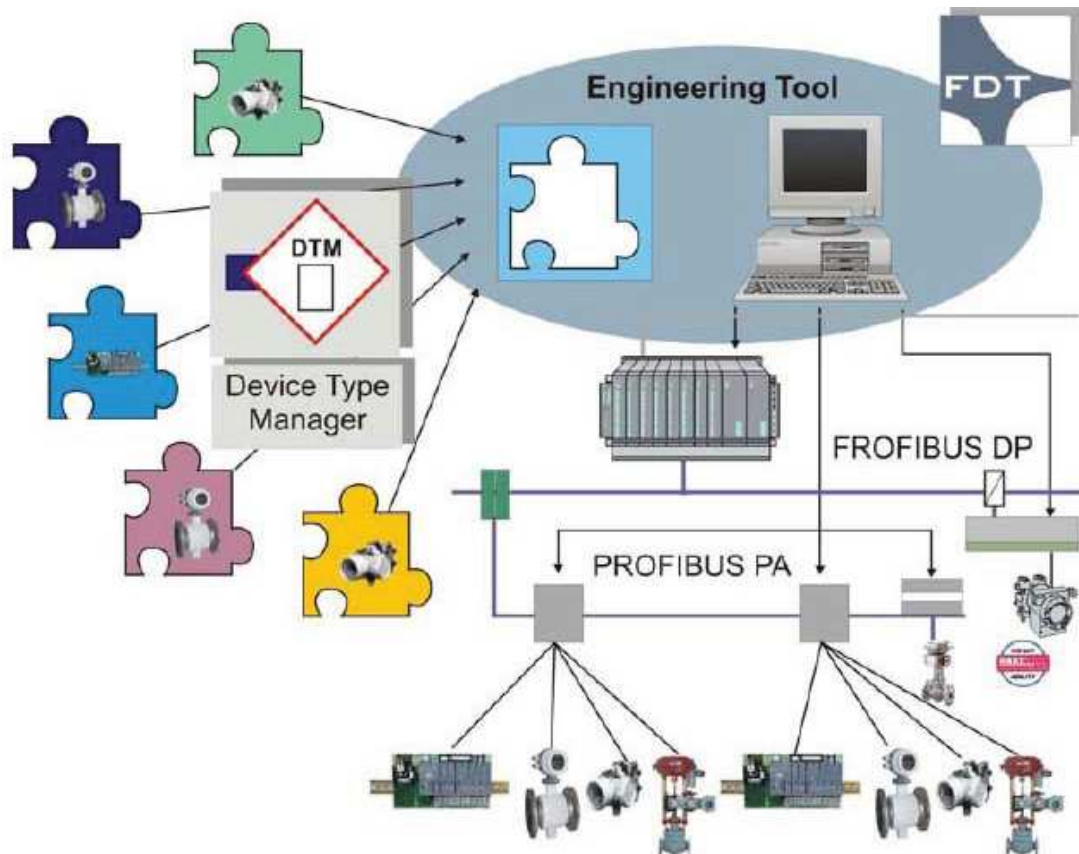


FIGURA 27 - Conceito FDT/DTM.

FONTE : Smar (2007)

A tecnologia FDT é um padrão de software aberto que define interfaces e componentes e permite a integração de drivers de diferentes equipamentos em um sistema de engenharia unificado, não importa o fabricante ou protocolo de comunicação. Além da interoperabilidade, essa tecnologia tem a vantagem de permitir que as interfaces com o usuário sejam ricas em elementos gráficos e implementem funções complexas não cobertas pela tecnologia de DD's. Através da definição de interfaces para integração entre os componentes de software do sistema, é possível atingir um nível de integração análogo à tecnologia plug-in-play para aplicativos de escritório.

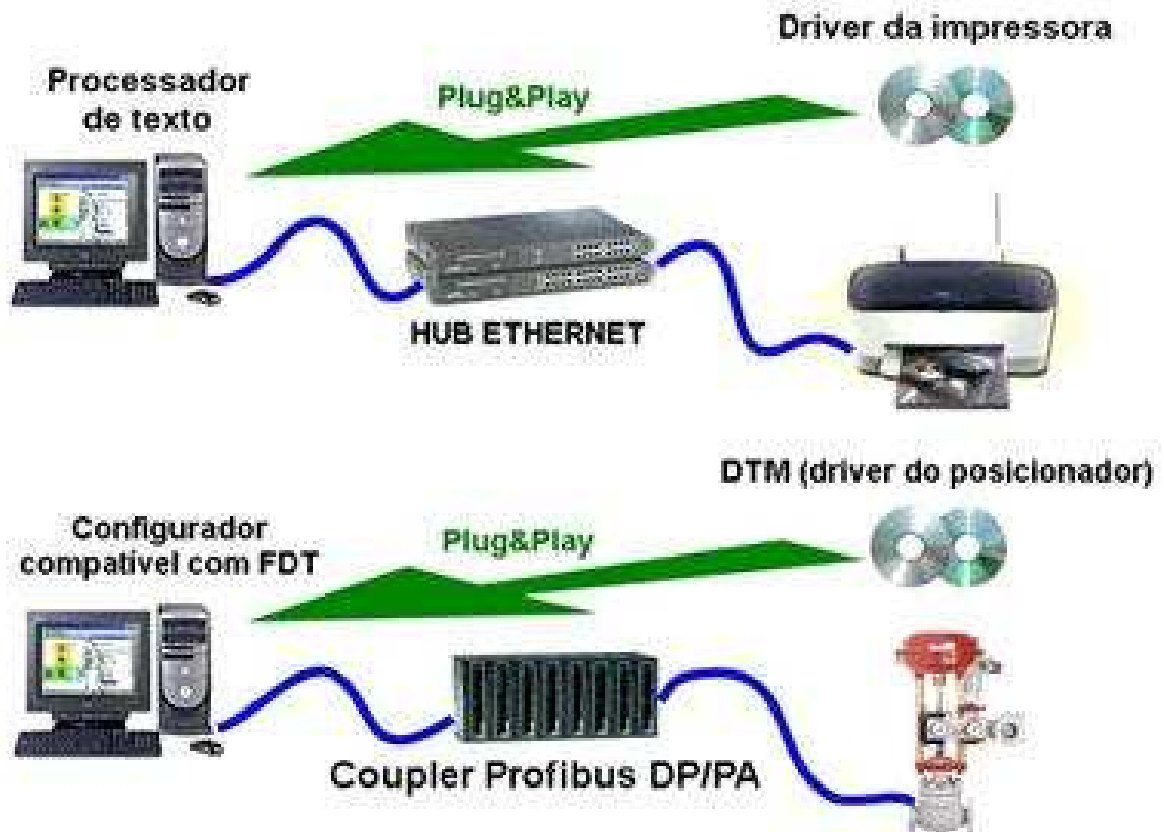


FIGURA 28 - Analogia entre FDT/DTM e aplicativos de escritório.
 FONTE : Smar (2007)

Um cenário que está se tornando comum é a coexistência de vários equipamentos de campo de diferentes fabricantes até mesmo operando com diferentes protocolos.

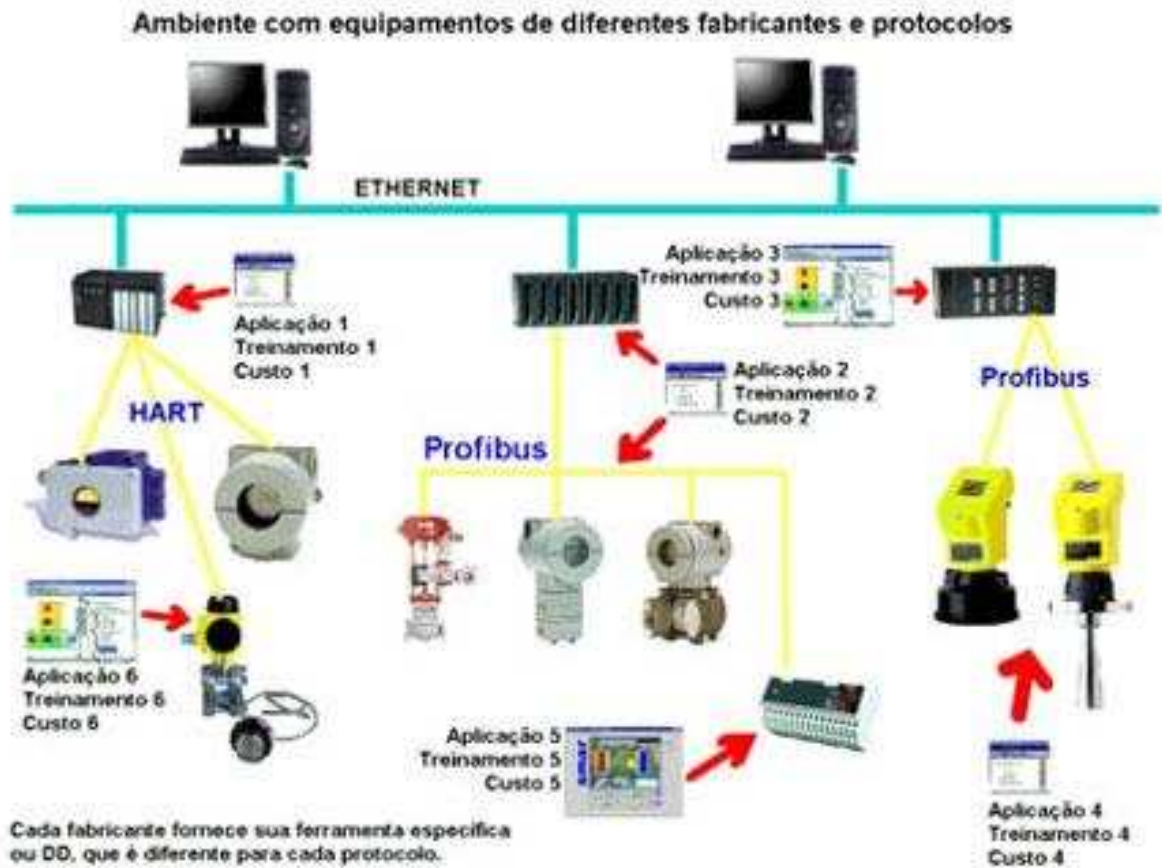


FIGURA 29 - Cenário híbrido encontrado nas plantas modernas sem FDT.

FONTE : Cassiolato (2008)

A ideia básica é encapsular as funções específicas de cada equipamento em componentes de software (DLL, ActiveX, OCX, EXE) que se comunicam entre si através de interfaces padronizadas e abertas e são gerenciados através de um ambiente de software único chamado aplicativo FDT.

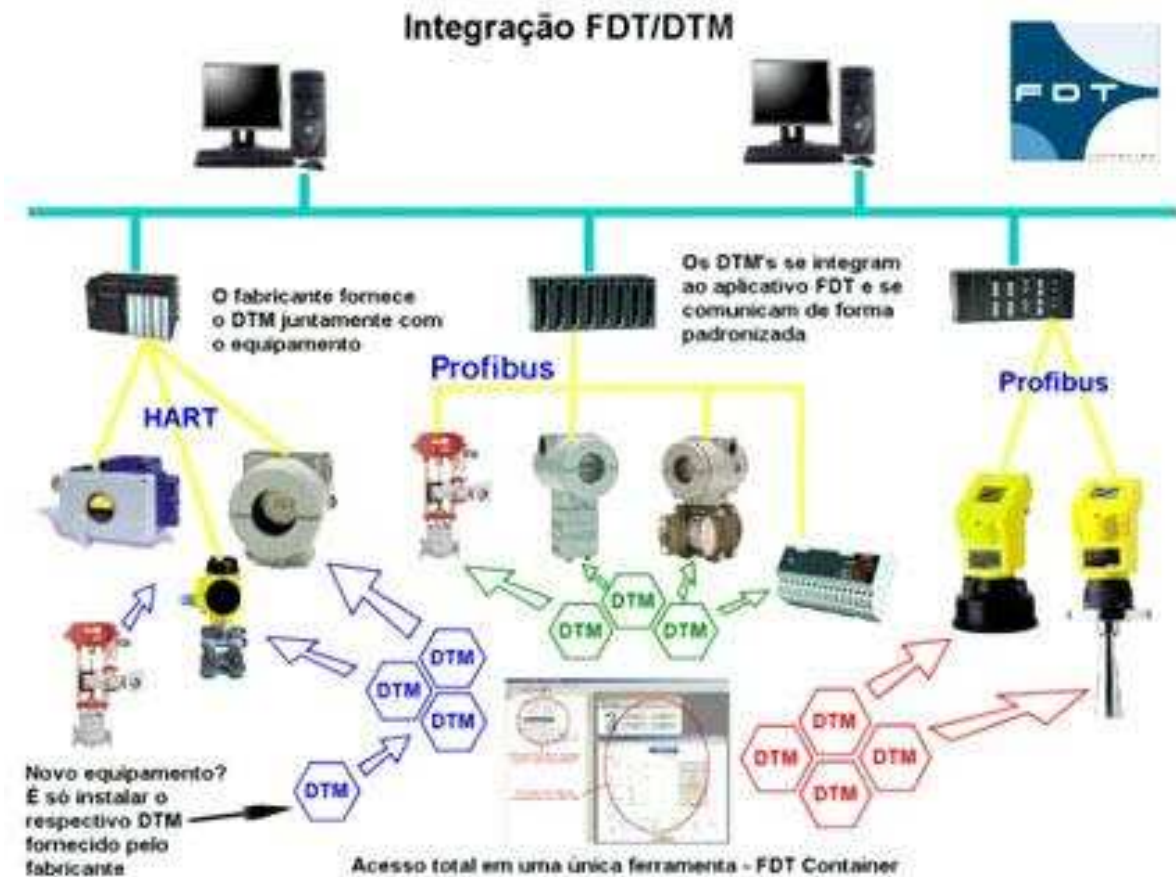


FIGURA 30 - FDT/DTM unificando o acesso aos equipamentos.

FONTE : Cassiolato (2008)

3.11.5 Gerenciamento de ativos

Como apresentado anteriormente o PROFIBUS é rico em disponibilização de informação, não somente pertinente ao processo, mas em especial dos equipamentos de campo. Desta forma, condições de diagnósticos podem poupar custos operacionais e de manutenção, principalmente em áreas de riscos ou mesmo em áreas de difíceis acessos. Vale a pena lembrar que a grande maioria das idas ao campo não indicam que realmente um equipamento tem problema. Agora com um gerenciamento eficaz pode-se ir ao campo com a certeza que realmente existe um problema e este é facilmente localizado. Através de

um gerenciamento destas informações vindas do campo, pode-se selecionar convenientemente os dados para se atingir os objetivos de produção, manutenção, qualidade, direcionando as informações às pessoas e/ou departamentos corretos e agindo de maneira a melhorar os processos.

A grande vantagem é a facilidade de acesso à informação com confiabilidade, pois esta pertence a um mesmo banco de dados, independente do nível hierárquico na empresa; é todo mundo falando a mesma língua, evitando maus entendidos! Além disso, o fácil acesso garante respostas rápidas e eficazes que permitem estratégias para se solucionar os problemas, minimizando os tempos de paradas.

Através do Gerenciador de Ativos, o usuário pode facilmente ter a condição geral de diagnósticos de sua planta e facilmente identificar os equipamentos que estão fora da condição normal de operação. O mais interessante é que qualquer situação, mesmo falha de comunicação é registrada e permite o *tracking* pelo usuário na base de dados e assim, tem-se um histórico da vida do equipamento facilmente acessível.



FIGURA 31 - Principais requisitos disponibilizados por um gerenciador de ativos.

FONTE : Cassiolato (2008)

Em termos gerais, as empresas atualmente querem informação que podem gerar benefícios, facilitando as tomadas de decisões. A seguir apresenta-se algumas facilidades e benefícios do gerenciamento de ativos:

- ✓ Facilidade de acesso às informações em toda a planta (desde o chão de fábrica até níveis gerenciais);
- ✓ Garante uniformização das informações nos diversos níveis hierárquicos, com confiabilidade. Rico em informação, facilita a tomada de decisões;

- ✓ Permite infra estrutura e tecnologia para que se monitore online, configure, calibre e gerencie equipamentos de campo com o objetivo de se ter os melhores resultados em termos de desempenho e redução de custos;
- ✓ Permite as melhores práticas de manutenção (principalmente a proativa), através do gerenciamento de diagnósticos, programação de manutenções;
- ✓ Audit Trial;
- ✓ Minimização de *spare parts*;
- ✓ Aumento da disponibilidade e segurança operacional da planta e reduz o *downtime*;
- ✓ Diminuição do tempo perdido em manutenção em equipamentos que realmente não a necessita (Manutenção Preventiva);
- ✓ Garante ganhos e redução de custos operacionais contribuindo para a redução de custos gerais.
- ✓ Quando necessário, realizações de manutenções programadas.

3.11.6 Análise e validação da rede

O diagnóstico rápido de falhas tornou-se extremamente necessário e importante, o que permite minimizar os tempos de parada da instalação e consequentes prejuízos no processo produtivo.

Existem vários procedimentos possíveis para o diagnóstico de falhas e avaliação do desempenho de uma rede PROFIBUS DP. Estes procedimentos podem abranger desde a validação dos critérios de projeto, configuração e instalação da rede, versões de firmware e dos arquivos de perfil (arquivos “GSD”), passando pela verificação do meio físico, avaliação da forma de onda e dos telegramas trocados entre os equipamentos, entre outros. Para isto podem-se utilizar vários tipos de ferramentas tais como, multímetro, osciloscópio, softwares de

configurações dos Mestres e Escravos e ferramentas de diagnóstico específicas.

Existem vários métodos conhecidos para diagnóstico e localização de falhas na implantação e operação de redes de comunicação industrial PROFIBUS DP, permitindo através dos conceitos básicos apresentados, uma análise mais criteriosa do seu desempenho. Serão descritos os seguintes procedimentos:

- ✓ Inspeção Visual,
- ✓ Verificação dos LEDs dos dispositivos PROFIBUS DP,
- ✓ Testes utilizando um Multímetro,
- ✓ Testes utilizando Testadores de Barramento (*Bus Testers*),
- ✓ Testes utilizando Osciloscópio,
- ✓ Testes utilizando Telegramas de Diagnóstico,
- ✓ Testes utilizando Ferramentas de Configuração do Mestre PROFIBUS DP,
- ✓ Testes utilizando Ferramentas de Monitoração de Rede,
- ✓ Testes utilizando Repetidores com Diagnóstico.

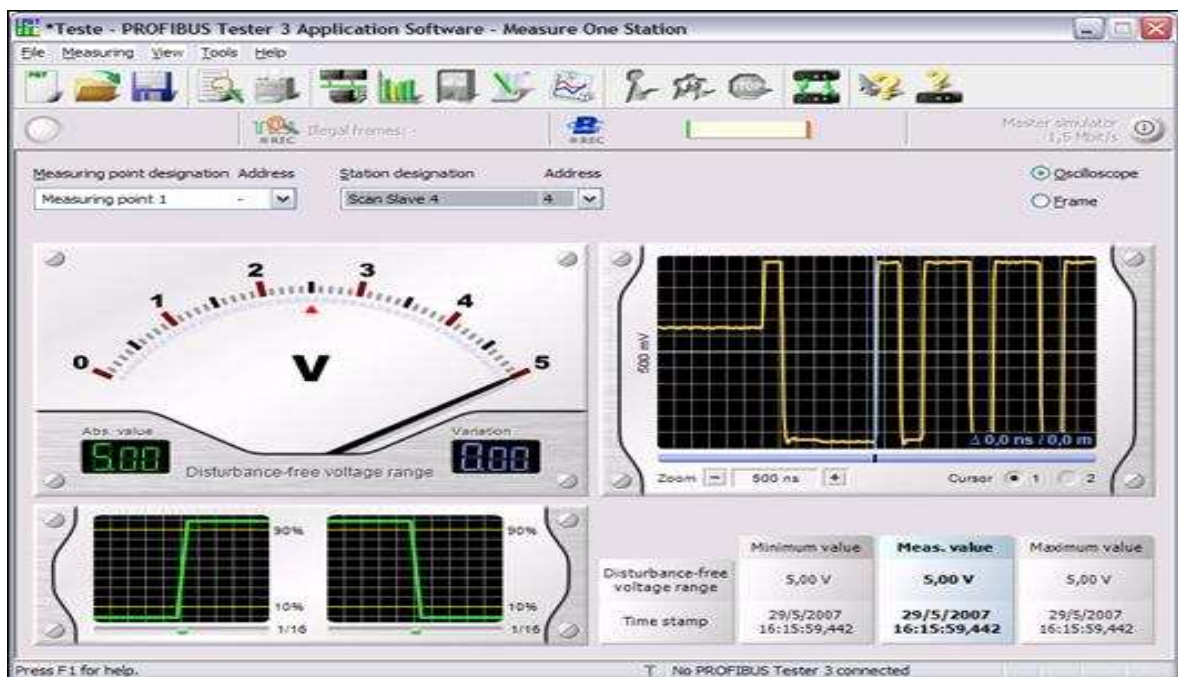


FIGURA 32 - Visualização de sinal PROFIBUS através de utilização da ferramenta osciloscópio.

FONTE : Cassiolato (2006)

Isso possibilita uma análise da rede PROFIBUS pelos mais variados “ângulos”, desde uma simples verificação do meio físico ou da configuração online da rede, até a monitoração da troca de telegramas entre Mestre e Escravos. Portanto, percebe-se que a rede PROFIBUS disponibiliza muitos recursos para o Usuário, entretanto, ainda são pouco conhecidos e não muito utilizados.

4. ESTUDO DE CASO

Optou-se pela apresentação de um estudo de caso existente onde divulgou-se as propostas de configurações e os resultados obtidos com a implantação da tecnologia.

4.1 Introdução

A unidade Alvorada do Bebedouro Açúcar e Álcool, localizada no município de Guaranésia-MG, iniciou a partir do ano de 2008 a produção do açúcar VHP (*Very High Polarization*), matéria-prima para indústrias de alimentos. Visando alcançar a produção de cerca de 106.250 toneladas de açúcar até 2009 destinada à exportação, recebeu investimento de 60 milhões de reais na ampliação da sua Moagem, Geração de Vapor, Tratamento de Caldo, Evaporação e na implantação da Fábrica de Açúcar.

4.2 Escolha do sistema a ser implantado

A SMAR, através da Engenharia de Aplicações, juntamente com o corpo técnico da unidade, escolheram para este empreendimento a tecnologia de rede industrial PROFIBUS. Os principais fatores que

levaram à esta escolha foram o alto índice de aceitação e confiabilidade deste protocolo no mercado, pelo padrão de comunicação aberto, interoperável com vários fornecedores, pela facilidade de instalação e simplicidade na configuração, além de uma arquitetura simples. O sistema de automação escolhido foi o System302-7 da Smar que além de flexibilidade de conectividade, permite a integração com sistemas especialistas de administração, qualidade e manutenção, tais como o MES (*Manufacture Execution System*) e o ERP (*Enterprise Resource Planning*). Desta forma os setores administrativos, de planejamento de produção e de gerenciamento industrial têm acesso às informações necessárias para as suas necessidades possibilitando um acompanhamento, controle e melhoria no processo produtivo e suporte à cadeia logística, através de tomadas de decisões mais precisas e melhor coordenadas, trazendo eficiência e eficácia nas ações implementadas e no aumento da disponibilidade da planta.

4.3 Proposta de configuração

Na arquitetura projetada foram determinadas a implantação de redes PROFIBUS DP para os CCMs (Centro de Controle de Motores), PROFIBUS PA para os equipamentos de controle contínuo em campo e AS-i para os equipamentos de acionamento discreto em campo, distribuídos entre controladores mestre PROFIBUS DP. A comunicação horizontal entre os controladores é possível utilizando a rede de 100 Mbits Ethernet por meio do protocolo de controle e supervisão HSE (*High Speed Ethernet*).

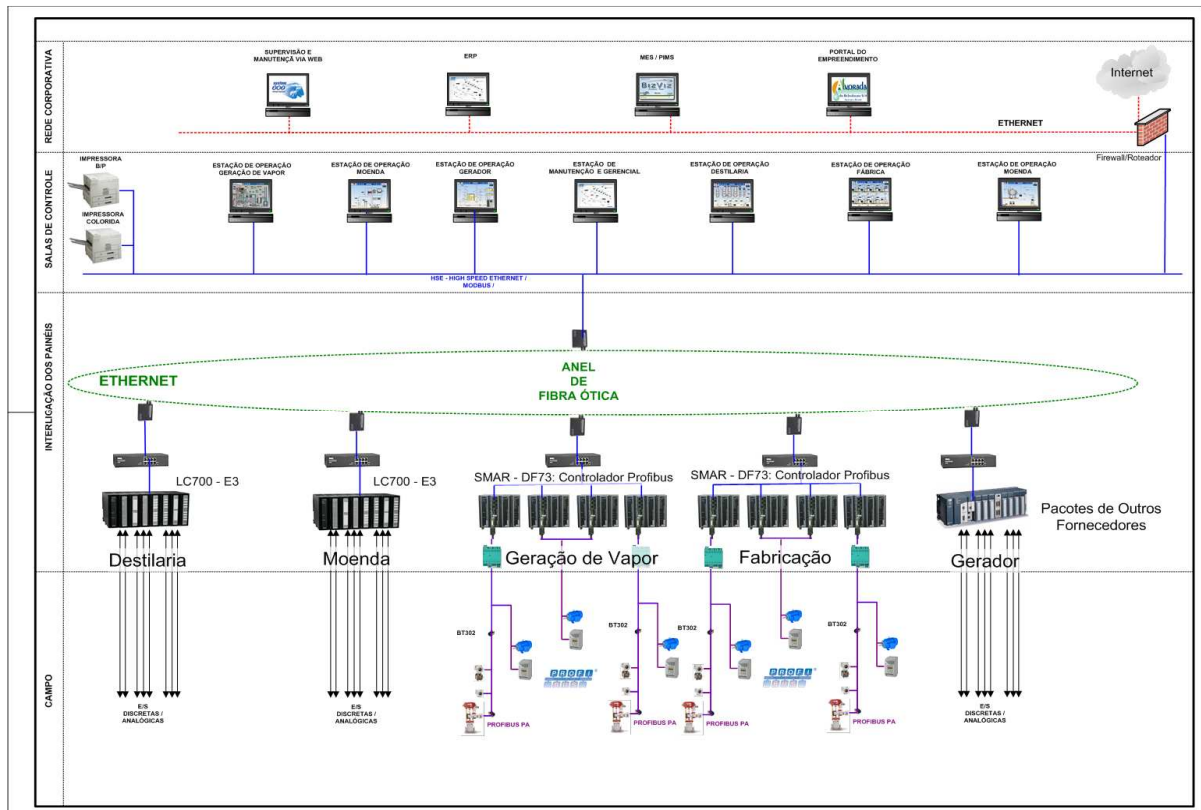


FIGURA 33 - Arquitetura do sistema da Alvorada do Bebedouro Açúcar e Etanol.

FONTE : Smar (2008)

As malhas de controle, acionamento de motores e intertravamentos foram configuradas nos controladores mestre PROFIBUS DP DF73. Todos os controladores estão conectados em uma rede em anel com meio físico de fibra óptica permitindo que sejam trocados dados para controle entre os controladores e de supervisão entre os controladores e as estações de operação, engenharia e manutenção.

Para os acionamentos dos motores, foram especificados CCMs inteligentes com relés, inversores e *soft starters* dotados com protocolo de comunicação PROFIBUS DP. No total a rede PROFIBUS DP possui 162 equipamentos, comunicando a uma velocidade de 1,5 Mbits/s, com distância de rede com aproximadamente 200 metros de comprimento máximo. Todos os sensores fins de curso e acionamentos das válvulas *on/off* são dotados com o protocolo de comunicação AS-i, inseridos na rede PROFIBUS DP através de gateways para conversão PROFIBUS DP para AS-i.



FIGURA 34 - Detalhe do painel: relés inteligentes e inversores de frequência.

FONTE : Smar (2008)

Para promover a convergência entre as redes PA e a rede DP foram utilizados gateways e acopladores. Foram instalados um total de 106 equipamentos de campo dotados com o protocolo de comunicação PROFIBUS PA, distribuídos em seis canais com comprimento de rede alcançando no máximo 30 metros de distância e comunicando a uma velocidade de 31,25 Kbits/s.



FIGURA 35: Detalhe do painel: controladores, gateways e acopladores.

FONTE : Smar (2008)

Todos os equipamentos de campo, tais como posicionadores série FY303 para atuadores pneumáticos de válvulas, transmissores de pressão manométrica e diferencial série LD303, transmissores de temperatura série TT303, os conversores 4-20mA/PROFIBUS PA série IF303 utilizados para inserir equipamentos dotados de sinal de saída 4-20mA na rede PROFIBUS PA, bem como os controladores mestre PROFIBUS DP DF73 são da linha de produtos SMAR para o protocolo PROFIBUS DP e PA.

As caixas de junção JM400 da SMAR foram utilizadas na rede PROFIBUS PA, interligando fisicamente os equipamentos de campo como nós da rede, permitindo uma conexão fácil e segura, necessário para acondicionamento de uma rede industrial. O JM400 pode ser utilizado em áreas classificadas devido a sua certificação à prova de explosão.

4.4 Resultados obtidos com a implantação da solução

4.4.1 Supervisão e controle da planta

As estações locais de operação possibilitam aos operadores supervisionar e comandar a planta através de um software de supervisão dotado de telas de sinótico, sintonia, gráficos, alarmes e históricos. A estação de Manutenção e Gerenciamento, além de monitorar e disponibilizar dados do processo para a rede corporativa via Web, possui as ferramentas do System302 necessárias para configurar a rede PROFIBUS DP/PA e AS-i (configuração cíclica), acessar e alterar parâmetros como calibração e diagnóstico dos equipamentos de campo na rede PROFIBUS PA (configuração acíclica) e elaborar as lógicas de controle.

4.4.2 Comissionamento e partida

A equipe de Assistência Técnica da SMAR comissionou, orientou a instalação dos equipamentos de campo, colocou o sistema em operação em tempo hábil devido à simplicidade de instalação que a tecnologia de rede industrial PROFIBUS proporciona. Os técnicos da unidade foram treinados e orientados sobre a manutenção e operação do sistema a fim de se garantir uma boa performance.

4.4.3 Satisfação do cliente

Segundo o diretor industrial da unidade Alvorada do Bebedouro Açúcar e Álcool, Sr. Eduardo Pitondo, o sistema System302-7 implantado é robusto e capaz de fornecer um conteúdo de informações de diagnósticos sobre os equipamentos que só um sistema puramente digital pode oferecer, inclusive para análise e verificação da própria estrutura da rede.

Uma das vantagens que a tecnologia PROFIBUS proporciona e que foi apontada pelo cliente diz respeito a economia de espaço físico interno do painel, devido à redução da quantidade e do volume ocupado pelos hardwares, fontes de alimentação, canaletas, borneiras e cabos, refletindo na manutenção de forma positiva através da redução do tempo de identificação e solução de problemas, aumentando a confiabilidade do sistema e a disponibilidade da planta.

5. CONCLUSÃO

Com os avanços tecnológicos dos barramentos industriais, a automação está se firmando cada vez mais nas indústrias, devido aos inúmeros benefícios e vantagens oferecidas. O presente estudo realizado visou contribuir com um melhor esclarecimento, vindo com a finalidade de sanar as indecisões para a escolha do protocolo ideal.

Os importantes fatores que levaram à realização desse estudo foram as frequentes dúvidas encontradas no segmento sucroalcooleiro em qual a melhor opção para determinada ocasião e também pela motivação profissional uma vez que é um ramo do mercado altamente atrativo e em ascensão.

Como resultado desse estudo obteve-se uma abordagem profunda sobre o protocolo PROFIBUS e explanou-se a implantação da tecnologia em uma Usina de Açúcar e Etanol, onde a finalidade era expor as vantagens tanto em caráter financeiro quanto administrativo.

A implantação da tecnologia foi relativamente aceita, alcançando e até superando as expectativas.

Além de proporcionar a melhor relação custo-benefício para sua automação e ser uma tecnologia futurística, o PROFIBUS tem assim comprovado em milhares de aplicações, alta economia de custos, flexibilidade e maior disponibilidades aos sistemas. Por estas e outras razões, o PROFIBUS atualmente é a solução ideal para o setor sucroalcooleiro.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

KRUG, Avaliação de confiabilidade em barramentos industriais, Porto Alegre, 1999-2000.

TANENBAUM, Redes de Computadores, Rio de Janeiro, Campos, 1989.

Smar, Automação Industrial – O livro HART / 4-20mA, Ribeirão Preto, Publicação Interna, 2005.

TRISTÃO, I. M. Implementação do protocolo PROFIBUS para aplicações especiais baseadas em microcontroladores, Monografia (Bacharel em Ciência da Computação) da Universidade Luterania do Brasil, Gravataí, 2004.

Valete Editora Técnica Comercial Ltda., C&I – Controle e automação Industrial, e, Gerenciamento de ativos em tempo de crise, edição nº151, Valinhos, 2009.

OLIVEIRA, M. C. Tecnologia PROFIBUS, Ribeirão Preto 2009.

Valete Editora Técnica Comercial Ltda., Revista Alcoolbrás edição nº113, Valinhos, 2008.

CASSIOLATO, C. **Apresentação de fundamentos do PROFIBUS e técnicas de instalações**, Sertãozinho 2008.

CARVALHO, F. M., **Introdução A Redes De Comunicação: Protocolos De Transmissão Em Ambientes Industriais**. Ceará, ago. 2009. Disponível em: < <http://www.artigonal.com/tecnologia-artigos/introducao-a-redes-de-comunicacao-protocolos-de-transmissao-em-ambientes-industriais-1100278.html> > . Acesso em: 12/09/2010.

Siemens, **ProfiSafe - O PROFIBUS Fail-Safe**. Disponível em: < http://www.siemens.com.br/templates/coluna1.aspx?channel=3797&channel_ter_nivel=3460 >. Acesso em 02/10/2010.

Siemens, **PROFIBUS, the unique fieldbus system: on the road to success**. Disponível em: < <https://www.automation.siemens.com/mcms/automation/en/industrial-communications/profibus/Pages/Default.aspx> >. Acesso em: 02/10/2010.

Smar, **O que é Profibus?**. Disponível em: < <http://www.smar.com/brasil2/profibus.asp> >. Acesso em 26/09/2010.

Associação PROFIBUS Brasil, **Artigos Técnicos**. Disponível em: < <http://www.profibus.org.br/artigos.php> >. Acesso em 12/09/2010.